

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 1 5 9 9 3 7

(43) 公開日 平成 9 年 (1997) 6 月 20 日

(51) Int. Cl.⁶
G02B 26/08

識別記号 庁内整理番号

F I
G02B 26/08

技術表示箇所

E

審査請求 未請求 請求項の数 27 FD (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願平 7 - 3 3 7 8 7 7
(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 12 月 1 日

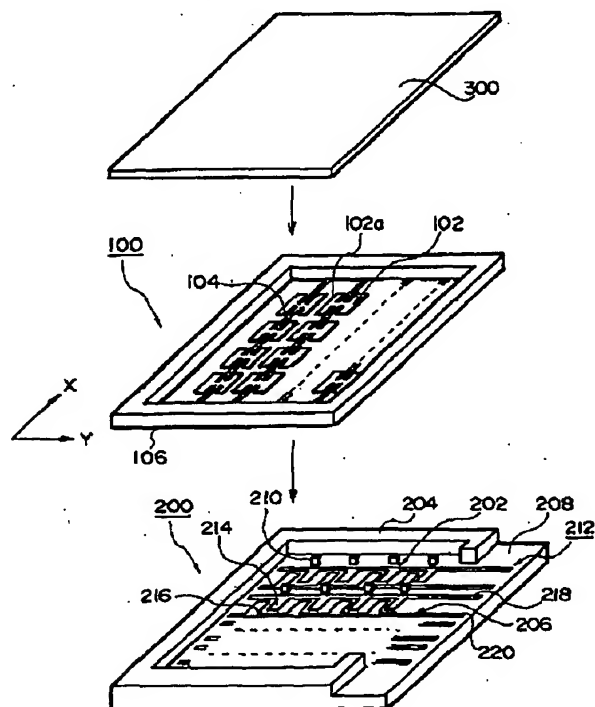
(71) 出願人 0 0 0 0 0 2 3 6 9
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号
(72) 発明者 跡部 光朗
長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内
(72) 発明者 小枝 周史
長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内
(72) 発明者 四谷 真一
長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内
(74) 代理人 弁理士 井上 一 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 光変調装置及びその製造方法並びにその光変調装置を用いた電子機器

(57) 【要約】

【課題】 高い歩留まりにて製造できる微小ミラーを備えた光変調装置及びその製造方法を提供すること。

【解決手段】 導電性のシリコン製ミラー基板 100 と、Na を含有するガラス製電極基板 200 とが、隔壁接合されて光変調装置が構成される。シリコン製ミラー基板 100 は、マトリクス状に配設された微小ミラー 102 と、微小ミラー 102 を X 方向にて連結するトーションバー 104 と、トーションバー 104 の両端が連結された枠状部 106 とを有する。ガラス製電極基板 200 は、中央領域の凹部 202 と、その周囲の立ち上げ部 204 と、凹部 202 内にて突出する支柱部 210 と、凹部 202 内に形成されて微小ミラーを傾斜駆動させる電極 214、216 及び配線 218、220 を有する。トーションバー 104 の両端及び枠状部 106 は立ち上げ部 204 と接合され、トーションバー 104 の中間部は支柱部 210 と接合される。トーションバー 104 の両端は、ダイシング時に枠状部 106 から切り離される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光変調装置の製造方法において、

(a) 一ライン状又はマトリクス状に配列された複数の微小ミラーと、

前記微小ミラーを一方向にて連結するトーションバーと、

を有し、少なくとも前記微小ミラーの片面に反射層が形成された、導電性のシリコン製ミラー基板を形成する工程と、

(b) 中央領域の凹部と、

その周囲の立ち上げ部と、

前記凹部内であって各々の前記微小ミラーと対応する位置に導電層が形成され、クーロン力により前記微小ミラーを傾斜駆動させる電極群と、

前記一方向で隣合う 2 つの前記微小ミラー間と対応する位置にて前記凹部より突出形成された支柱部と、

を有する電極基板を形成する工程と、

(c) 少なくとも前記シリコン製ミラー基板の前記トーションバーの中間部と前記電極基板の前記支柱部とを対面させて、前記シリコン製ミラー基板と前記電極基板とを接合する工程と、

を有することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、

前記 (a) 工程は、

シリコン基板中に不純物をドーブしてドーブ層を形成する工程と、

前記シリコン基板の一面に窓形成用の第 1 のマスクを、他の一面に前記複数の微小ミラー及び前記トーションバーを形成するための第 2 のマスクをそれぞれパターンニングする工程と、

前記第 1 のマスクを用いて、前記ドーブ層が露出するまで前記シリコン基板をエッチングする工程と、

前記第 2 のマスクを用いて、前記ドーブ層をエッチングする工程と、

前記第 1、第 2 のマスクを除去し、前記ドーブ層により前記微小ミラー及びトーションバーを形成する工程と、前記ドーブ層の前記微小ミラーの片面に前記反射層を形成する工程と、

を有して、前記シリコン製ミラー基板を形成することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項 3】 請求項 1 において、

前記 (a) 工程は、前記トーションバーの両端が連結され、前記微小ミラーが配置される領域を囲む枠状部が、前記シリコン製ミラー基板に形成される工程を含み、

前記 (c) 工程は、前記シリコン製ミラー基板の前記枠状部及び前記トーションバーの両端部と、前記電極基板の前記立ち上げ部とを接合する工程を含み、前記 (c) 工程の後に、前記トーションバーの両端部を、前記シリコン製ミラー基板の前記枠状部から切り離す工程を設けたことを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項 4】 請求項 3 において、

前記 (a) 工程は、

シリコン基板中に不純物をドーブしてドーブ層を形成する工程と、

前記シリコン基板の一面に窓形成用の第 1 のマスクを、他の一面に前記複数の微小ミラー、前記トーションバー及び前記枠状部を形成するための第 2 のマスクをそれぞれパターンニングする工程と、

10 前記第 1 のマスクを用いて、前記ドーブ層が露出するまで前記シリコン基板をエッチングする工程と、

前記第 2 のマスクを用いて、前記ドーブ層をエッチングする工程と、

前記第 1、第 2 のマスクを除去し、前記ドーブ層により前記微小ミラー、トーションバー及び枠状部を形成する工程と、

前記ドーブ層の前記微小ミラーの片面に前記反射層を形成する工程と、

を有して、前記シリコン製ミラー基板を形成することを特徴とする光変調装置の製造方法。

20 【請求項 5】 一ライン状又はマトリクス状に複数の微小ミラーを備えた光変調装置の製造方法において、

(a) 中央領域の凹部と、

その周囲の立ち上げ部と、

前記凹部内であって各々の前記微小ミラーと対応する位置に導電層が形成され、クーロン力により前記微小ミラーを傾斜駆動させる電極群と、

一方向で隣合う 2 つの前記微小ミラー間と対応する位置にて前記凹部内に突出形成された支柱部と、

を有する電極基板を形成する工程と、

30 (b) 片面に不純物がドーブされたドーブ層が形成されたシリコン基板と、前記電極基板とを、少なくとも前記電極基板の前記支柱部と前記ドーブ層とを対面させて接合する工程と、

(c) 前記ドーブ層を残して前記シリコン基板をエッチングして除去する工程と、

(d) 前記ドーブ層の表面に反射層を形成する工程と、

(e) 前記ドーブ層及び反射層をエッチングして、

前記電極群と対向する位置に複数の前記微小ミラーを形成し、

40 前記微小ミラーを前記一方向にて連結し、該一方向にて隣合う 2 つの前記微小ミラー間で前記支柱部と接合され、かつ、その両端が前記立ち上がり部又は支柱部と接合されたトーションバーを形成し、

前記ドーブ層及び反射層からシリコン製ミラー基板を形成する工程と、

を有することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項 6】 請求項 5 において、

前記 (e) 工程は、前記トーションバーの両端が連結され、前記微小ミラーが配置される領域を囲む位置にて前

50 記立ち上げ部と接合された枠状部を、前記シリコン製ミ

ラー基板に形成する工程を含み、

前記(e)工程の後に、前記トーションバーの両端部を、前記シリコン製ミラー基板の前記枠状部から切り離す工程を設けたことを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項7】 請求項4乃至6のいずれかにおいて、前記ドープ層の不純物濃度は $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であり、

前記シリコン基板のエッチング時に前記ドープ層をエッチングストップ層として用いることを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項8】 請求項5又は6において、前記電極基板は光透過性を有するガラス製電極基板にて形成され、

前記ガラス製電極基板側から前記電極群のパターンの位置を観測し、そのパター位置を基準にして、前記(e)工程のエッチングのためのマスクパターン合わせ実施することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項9】 請求項1乃至8のいずれかにおいて、前記電極基板は、アルカリ金属を含有するガラス製電極基板にて形成され、
前記接合工程として陽極接合法を用いることを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項10】 請求項9において、前記立ち上げ部及び支柱部と対応する位置をマスクして、アルカリ金属を含有するガラス板をエッチングして、所定深さの前記凹部を形成する工程と、
前記凹部の底面に、前記電極群を形成する工程と、
により、前記ガラス製電極基板を形成することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項11】 請求項8乃至10のいずれかにおいて、前記電極群を透明電極にて形成し、
前記ガラス製電極基板と前記シリコン製ミラー基板との間に、異物混入があるか否かを前記ガラス製電極基板側から検査する工程をさらに有することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項12】 請求項1乃至11のいずれかにおいて、前記微小ミラーが前記電極群と対向する面側に、絶縁膜を形成する工程をさらに有することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項13】 請求項12において、前記微小ミラーに形成された前記絶縁膜と対向する前記電極部の表面を粗面に形成することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項14】 請求項12において、前記絶縁膜上であって、前記トーションバーより離れた位置に絶縁性突起を形成する工程をさらに有することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項15】 請求項12において、

前記電極基板の前記凹部の底面より、前記立ち上げ部及び前記支柱部の天面より低い高さで突出形成され、傾斜駆動時に前記微小ミラーと当接して傾き角を決定する絶縁性ストッパーを形成する工程をさらに有することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項16】 請求項1乃至15のいずれかにおいて、

前記シリコン製ミラー基板を覆い、かつ、傾斜駆動される前記微小ミラーと干渉しない位置にて、前記シリコン製ミラー基板上に透明カバー基板を接合する工程をさらに有することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項17】 不純物がドープされた導電性のシリコン製ミラー基板と、電極基板とが接合されて一体化され、

前記シリコン製ミラー基板は、一ライン状又はマトリクス状に配列され、片面に反射層が形成された複数の微小ミラーと、
前記微小ミラーを一方向にて連結するトーションバーと、を有し、

前記電極基板は、中央領域の凹部と、その周囲の立ち上げ部と、
前記凹部内であって各々の前記微小ミラーと対応する位置に形成され、クーロン力により前記微小ミラーを傾斜駆動させる電極群と、
前記一方向で隣合う2つの前記微小ミラー間と対応する位置にて前記凹部に突出形成された支柱部と、
を有し、

30 少なくとも前記シリコン製ミラー基板の前記トーションバーの中間部と前記電極基板の前記支柱部とが対面して、前記シリコン製ミラー基板と前記電極基板とが接合されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項18】 請求項17において、前記電極基板は、アルカリ金属を含有するガラス製電極基板にて形成され、
前記ガラス製電極基板と前記シリコン製ミラー基板とが陽極接合されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項19】 請求項17又は18において、前記微小ミラー上に形成された反射層の全表面が、入射角と等しい反射角にて入射光を反射させる平坦面にて形成されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項20】 請求項17乃至19のいずれかにおいて、前記電極群が透明電極にて形成されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項21】 請求項17乃至20のいずれかにおいて、前記微小ミラーが前記電極群と対向する面側に、絶縁膜が形成されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項22】 請求項21において、前記微小ミラーに形成された前記絶縁膜と対向する前記電極群の表面が粗面に形成されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項23】 請求項22において、前記電極群の前記表面に200オングストローム以上の高さの凸部が設けられて、前記粗面が形成されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項24】 請求項21において、前記絶縁膜上であって、前記トーションバーより離れた位置に絶縁性突起が形成されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項25】 請求項21において、前記ガラス製電極基板の前記凹部の底面より、前記立ち上げ部及び前記支柱部の天面より低い高さで突出形成され、傾斜駆動時に前記微小ミラーと当接して傾き角を決定する絶縁性ストッパーをさらに有することを特徴とする光変調装置。

【請求項26】 請求項17乃至25のいずれかにおいて、前記シリコン製ミラー基板を覆い、かつ、傾斜駆動される前記微小ミラーと干渉しない位置にて、前記シリコン製ミラー基板上に透明カバー基板が接合されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項27】 請求項17乃至26のいずれかに記載の光変調装置を有することを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微小ミラーを備えた光変調装置及びその製造方法に関する。

【0002】

【背景技術及び発明が解決しようとする課題】この種の光変調装置が、特開平4-230722、5-188308、5-196880などに開示されている。また、これらの改良構造が、日経マイクロデバイス1994年3月号に、DMD(Digital Micromirror Device)として開示されている。

【0003】このDMDは、図22に示すように、上層800、中間層810及び下層830からなる3層構造を有している。

【0004】上層800は、ミラー802と、その中心部下面に連結されたミラー保持ポスト804とを有する。このミラー802の製造プロセス上、ミラー保持ポスト804と対向する位置には凹部806が形成される。

【0005】中間層810は、ミラー保持ポスト804と連結されるミラー保持板812が、両側のヒンジ814により傾斜駆動可能に支持されている。このミラー保持板812の傾斜駆動空間を確保するために、ヒンジ814は、その下面にヒンジ保持ポスト816を有してい

る。

【0006】この中間層810には、さらに、ヒンジ814を挟んだ両側に第1、第2のアドレス電極818、820を有し、それぞれ電極保持ポスト826に支持されている。さらにその外側に、第1のミラー接触電極822と第2のミラー接触電極824とを有し、それぞれ電極保持ポスト826に支持されている。

【0007】下層830は、第1、第2のアドレス電極818、820の電極保持ポスト826が連結される4つの電極832a~832dと、第1、第2の接触電極822、824が連結される共通電極834を有している。

【0008】このDMDは、図23に示すように、ミラー802及び第1、第2のミラー接触電極822、824に、バイアス電圧Vaが印加される。そして、例えば第1のアドレス電極818にマイナス電圧を印加し、第2のアドレス電極820にプラス電圧を印加することで、ミラー802と第1のアドレス電極818の間にクーロン力が作用し、ミラー802を図23の一点鎖線の状態に傾斜駆動することができる。第1、第2のアドレス電極818、820に印加される電圧の極性を逆転することで、図23の2点鎖線に示すように傾斜駆動させることができる。

【0009】そして、図23の一点鎖線に示すミラー802の傾斜状態のときに、光が所定位置に向けて反射されるON駆動とされ、2点鎖線に示す傾斜状態のときには、所定位置とは異なる方向に光が反射されたOFF状態とされる。そして、その切替時間を変化させることで、256階調表示が可能となっている。

【0010】図22に示すDMDは、図24及び図25に示す製造プロセスに従って製造できると推測される。図24は、予め形成された下層830上に中間層810を形成する工程を示しており、図25はその中間層810上に上層800を形成し、各層間に空間を形成する工程を示している。

【0011】図24に示すように、下層830としてSRAMが形成された基板840を用意する。次に、図24(B)に示すように、この基板840上にレジスト842を塗布し、同図(C)の工程にてヒンジ保持ポスト816及び電極保持ポスト826と対応するパターンを形成するパターニングを行う。

【0012】次に、図24(D)に示すように、レジスト842の表面及びトレンチ部にアルミニウム(A1)膜844を蒸着し、さらに同図(E)に示すようにその表面にA1酸化膜846を形成する。

【0013】さらに、図24(F)に示すA1膜848の蒸着後に、同図(G)のようにレジスト850を塗布してパターニングする。この後、図24(H)に示すように、A1膜848をエッチングすることで、ミラー保持板812、ヒンジ814及びヒンジ保持ポスト816

が形成される。

【0014】次に、図25に示すプロセスにより上層800を形成する。このために、図25(A)に示すように、レジスト852を厚く塗布し、同図(B)に示すようにパターニングを行う。さらに、Al(アルミニウム)膜854を蒸着し、その表面の一部にAl酸化膜856を形成した後、端部のAl膜854をエッチングで除去することで、ミラー802及びミラー保持ポスト804が形成される(図26(C)~(E)参照)。

【0015】最後に、図25(F)に示すように、レジスト842及び852を除去することで、上層800と中間層810との間に空間が形成され、かつ、中間層810と下層830との間に空間が形成される。

【0016】しかしながら上記のプロセスでは、DMDの歩留まりが高くとれないという問題がある。その原因の1つは、ミラー802の傾斜角度を決定する要因となる、ミラー802の下面とミラー接触電極822、824との間の距離の設定を、図25(A)に示すレジスト工程でのレジスト852の厚さに依存していたからである。

【0017】通常、この種のレジストはスピンコーティング法により形成され、レジスト厚さの均一性を高めることさえ困難であるのに、ましてやスピンコーティング法にてレジスト852の厚さを一定値に設定することは、極めて困難な技術となる。

【0018】また、従来のスピンコーティング法では、ウェハ面積が大きくなるほど、そのレジスト膜の面内均一性さえも確保することが困難であり、ましてやレジスト膜の厚さを一定値にすることは、大口径化の半導体ウェハではほとんど不可能である。従って、同時に多数の素子を1枚の半導体ウェハから形成することは困難であり、スループットも低下する。

【0019】上記の問題の他の1つは、図25(F)に示すレジスト除去工程において、ミラー802またはヒンジ814の下方であって、奥まった領域のレジストを完全に除去することが困難となることである。もしこのような異物が残存したとすれば、ミラー802とアドレス電極818、820がショートし、又はミラーの変位が妨げられ、あるいはミラー接触電極822、824とアドレス電極818、820がショートしてしまう。

【0020】上記の構造のDMDの他の問題は、ミラー802の中心領域に凹部806が形成されてしまうことである。図25(C)のAl蒸着工程において、トレンチ部分にAlを蒸着すると、必ずこのトレンチと対向する位置が窪んでしまい、これに起因して凹部806が生ずることは防止し得ない。

【0021】この3層構造のDMDでは、ヒンジ814がミラー802と同一平面上に存在しないため、ミラー802の開口面積が増大し、光利用率が高まることを効果としている。

【0022】しかしながら、この広面積のミラー802の中心には凹部806が形成され、光強度の強い光軸上にこのような凹部806が存在すると、乱反射によってかえって光利用率が低下してしまう。あるいは、乱反射された光が他の画素の情報として入力されてしまい、画質が低下するという問題も指摘される。又、凹部806の側壁が垂直に加工できたとしても、光有効利用面積が減少する。

【0023】そこで、本発明の目的とするところは、

高い歩留まりにて製造できる微小ミラーを備えた光変調装置及びその製造方法を提供することにある。

【0024】本発明の他の目的は、微小ミラー面上にて乱反射が生ずることなく、正確な光変調制御を行うことのできる微小ミラーを備えた光変調装置及びその製造方法を提供することにある。

【0025】

【課題を解決するための手段】本発明方法は、導電性のシリコン製ミラー基板と電極基板とを接合して、微小ミラーを有する光変調装置を製造している。ここで、導電性のシリコン製ミラー基板は、一ライン状又はマトリクス状に配列された複数の微小ミラーと、前記微小ミラーを一方方向にて連結するトーションバーと、前記トーションバーの両端が連結され、を有し、少なくとも前記微小ミラーの片面に反射層が形成されている。

【0026】前記電極基板は、中央領域の凹部と、その周囲の立ち上げ部と、前記凹部内であって各々の前記微小ミラーと対応する位置に導電層が形成され、クーロン力により前記微小ミラーを傾斜駆動させる電極群と、前記一方方向で隣合う2つの前記微小ミラー間と対応する位置にて前記凹部より突出形成された支柱部と、を有する。

【0027】前記シリコン製ミラー基板と前記電極基板とを接合する工程では、少なくとも前記シリコン製ミラー基板の前記トーションバーの中間部と前記電極基板の前記支柱部とを対面させている。

【0028】こうすると、ガラス製電極基板に予め形成される凹部の深さを精度よく形成すれば、微小ミラーの振れ角をロット間で正確に設定できる。また、微小ミラーの表面に形成される反射層も平坦にでき、乱反射のない面に形成することができる。

【0029】特に、電極基板が例えばNa等のアルカリ金属を含むガラス製電極基板の場合、陽極接合により両基板を接合できる。こうすると、基板間に接着層などを要しないため、微小ミラーの振れ角をロット間でより正確に設定できる。

【0030】なお、この接合方法は陽極接合に限らず、直接接合、共晶接合等でも良く、各接合方法については詳細を後述する。また、電極基板の材質としては、接合工程が加熱下で行われる場合には、シリコンと熱膨張係数が近いことが好ましい。

【 0 0 3 1 】 前記シリコン製ミラー基板には、トーションバーの両端部が連結された枠状部を形成することもできる。この場合、トーションバーの両端部及び枠状部は、電極奇人の立ち上げ部と接合される。そして、この接合の後に、トーションバーの両端部を枠状部から切り離す工程を実施している。

【 0 0 3 2 】 こうすると、複数本のトーションバーの相互の位置関係は枠状部により維持されるので、1本ずつ位置決めしなくても相互の位置関係を保って電極基板に接合できる。

【 0 0 3 3 】 ここで、シリコン製ミラー基板を製造する前記 (a) 工程は、シリコン基板中に不純物をドーブしてドーブ層を形成する工程と、前記シリコン基板の一面に窓形成用の第1のマスクを、他の一面に前記複数の微小ミラー及び前記トーションバーを形成するための第2のマスクをそれぞれパターンニングする工程と、前記第1のマスクを用いて、前記ドーブ層が露出するまで前記シリコン基板をエッチングする工程と、前記第2のマスクを用いて、前記ドーブ層をエッチングする工程と、前記第1、第2のマスクを除去し、前記ドーブ層により前記微小ミラー及びトーションバーを形成する工程と、前記ドーブ層の前記微小ミラーの片面に前記反射層を形成する工程と、を有して実施できる。

【 0 0 3 4 】 本発明方法の他の態様によれば、シリコン製ミラー基板が完成する前のシリコン基板の状態で、電極基板との接合を実施している。

【 0 0 3 5 】 電極基板は、中央領域の凹部と、その周囲の立ち上げ部と、前記凹部内であって各々の前記微小ミラーと対応する位置に導電層が形成され、クーロン力により前記微小ミラーを傾斜駆動させる電極群と、一方向で隣合う2つの前記微小ミラー間と対応する位置にて凹部より突出形成された支柱部と、を有する。

【 0 0 3 6 】 これに接合されるのは、片面に不純物がドーブされたドーブ層を有するシリコン基板である。このとき、少なくとも前記電極基板の支柱部を前記ドーブ層と対面させて接合する。

【 0 0 3 7 】 この工程では、微小ミラー等が形成される前であるので、接合時の位置合わせが容易となる。

【 0 0 3 8 】 この後、ドーブ層のみ残してシリコン基板をエッチングして除去し、そのドーブ層の表面に反射層を形成する。

【 0 0 3 9 】 その後、ドーブ層のエッチング工程を実施する。この時、前記電極群と対向する位置に複数の前記微小ミラーを形成される。また、前記微小ミラーを一方向にて連結し、該一方向にて隣合う2つの前記微小ミラー間で前記支柱部と接合されたトーションバーが形成される。

【 0 0 4 0 】 このエッチング工程のためのパターンニング時に、予め電極基板に形成された電極部との位置関係を考慮すれば、ホトリソグラフィ工程の精度で微小ミラー

を高精度にて形成できる。

【 0 0 4 1 】 この方法では、接合時の基板位置合わせが容易であり、しかも微小ミラー等は接合後に形成できるので、高密度で微小ミラーを配置する場合に適している。

【 0 0 4 2 】 なお、上記の方法においても陽極接合法を採用することができ、また、シリコン製ミラー基板に枠状部を形成しても良い。

【 0 0 4 3 】 高密度で微小ミラーを配置する場合、電極基板を透明なガラス基板とし、そのガラス製電極基板側から前記電極群のパターンの位置を観測し、そのパターン位置を基準にして、前記シリコン製電極基板のエッチングのためのマスクパターン合わせ実施するとよい。

【 0 0 4 4 】 上述の各方法発明では、前記ドーブ層の不純物濃度を $1 \times 10^{14} \text{ a t m / c m}^3$ 以上とすると、前記シリコン基板のエッチング時に前記ドーブ層をエッチングストップ層として用いることができる。

【 0 0 4 5 】 また、前記ガラス製電極基板を形成する工程として、前記立ち上げ部及び支柱部と対応する位置をマスクして、アルカリ金属を含有するガラス板をエッチングして、所定深さの前記凹部を形成する工程と、前記凹部の底面に、前記電極群を形成する工程と、を有するとよい。この場合、微小ミラーの振れ角に影響する凹部の深さは、エッチングの条件に依存させて形成できる。

【 0 0 4 6 】 前記電極群を透明電極例えばITO（インジウム・ティン・オキサイド）にて形成し、接合される前記ガラス製電極基板と前記シリコン製ミラー基板との間に、異物混入があるか否かを前記ガラス製電極基板側から検査する工程をさらに有することができる。この検査を接合前に行えば歩留まりが向上し、接合後に行っても、異物混入という不良原因が容易に判明する。

【 0 0 4 7 】 前記シリコン製ミラー基板を覆い、かつ、傾斜駆動される微小ミラーと干渉しない位置にて、前記シリコン製ミラー基板上に透明カバー基板を接合する工程をさらに有することができる。

【 0 0 4 8 】 この透明カバー基板により、微小ミラーの傾斜駆動を妨げる異物の混入を防止して、素子を保護できる。

【 0 0 4 9 】 本発明装置は、不純物がドーブされた導電性のシリコン製ミラー基板と、電極基板とが接合されて一体化され、前記シリコン製ミラー基板は、一ライン状又はマトリクス状に配列され、片面に反射層が形成された複数の微小ミラーと、前記微小ミラーを一方向にて連結するトーションバーと、を有し、前記電極基板は、中央領域の凹部と、その周囲の立ち上げ部と、前記凹部内であって各々の前記微小ミラーと対応する位置に形成され、クーロン力により前記微小ミラーを傾斜駆動させる電極群と、前記一方向で隣合う2つの前記微小ミラー間と対応する位置にて凹部より突出形成された支柱部と、を有し、少なくとも前記シリコン製ミラー基板の前記ト

ーションバーの中間部と前記電極基板の前記支柱部とが対面して、前記シリコン製ミラー基板と前記電極基板とが接合されていることを特徴とする。この接合も、陽極接合、直接接合又は共晶接合などにより行われる。

【 0 0 5 0 】ここで、前記微小ミラー上に形成された反射層の全表面が平坦面に形成される。これにより、入射角と等しい反射角にて入射光を反射させることができる。

【 0 0 5 1 】前記電極群は透明電極例えばITO（インジウム・ティン・オキサイド）にて形成されることが好ましい。ガラス製電極基板から透視して、電極群と微小ミラーとの間の異物混入の不良原因が容易に判明するからである。

【 0 0 5 2 】前記微小ミラーが前記電極群と対向する面側に、絶縁膜を形成するとよい。こうすると、異物の混入があっても、微小ミラーと電極群との間のショートという深刻な状態を回避できる。

【 0 0 5 3 】前記微小ミラーに形成された前記絶縁膜と対向する前記電極群の表面を粗面に形成するとさらによい。絶縁膜と電極群との接触面積が減少し、絶縁膜の帯電に起因した微小ミラーの電極群への張り付きを防止できる。

【 0 0 5 4 】前記電極群の前記表面に200オングストローム以上の高さの凸部が設けられて、前記粗面が形成することが好ましい。これにより、微小ミラーと電極群との張り付きを防止できる表面荒さを確保できる。なお、この凸部の高さの上限は、微小ミラーが電極群と平行な状態の時の微小ミラー、電極群間のギャップをGとしたとき、 $G/3$ 以下である。これにより、機能上必要とされる微小ミラーの偏向角が最低限確保される。

【 0 0 5 5 】この微小ミラーの張り付きを防止するには、前記絶縁膜上であって、前記トーションバーより離れた位置に絶縁性突起を形成してもよい。

【 0 0 5 6 】この微小ミラーの張り付きを防止するさらに他の対策として、前記ガラス製電極基板の前記凹部の底面より、前記立ち上げ部及び前記支柱部の天面より低い高さで突出形成され、傾斜駆動時に前記微小ミラーと当接して傾き角を決定する絶縁性ストッパーを形成することもできる。

【 0 0 5 7 】本発明の光変調装置を用いて、種々の電子機器を構成することができる。

【 0 0 5 8 】例えば、プロジェクションランプと、前記プロジェクションランプより出射された光を、画素毎に配置された複数の微小ミラーの傾斜駆動によりそれぞれ反射させて、画素毎に変調された反射光とする光変調装置と、前記光変調装置からの反射光をスクリーンに向けて拡大投影するプロジェクションレンズと、によりプロジェクターを構成できる。

【 0 0 5 9 】あるいは、潜像が形成される感光体と、レーザ光源からのレーザ光を、アレー状に配列された複数

の微小ミラーの傾斜駆動により順次反射させて、一方向に走査しながら変調された反射光を前記感光体に向けて出射して前記潜像を形成する光変調装置と、前記感光体に形成された潜像を現像する現像装置と、前記感光体上の現像を記録媒体上に転写する転写装置と、により電子写真装置を構成できる。

【 0 0 6 0 】さらには、誘導電圧が任意に設定された複数の誘導コイルと、光変調装置と、各々の前記誘導コイルと前記光変調装置の電極群とを接続する配線パターンとを有し、各々の前記誘導コイルにて生ずる誘導電圧に基づき、複数の前記微小ミラーをそれぞれ傾斜駆動させて、前記微小ミラーでの反射光により所望の光信号を生成する光スイッチ装置を構成することができる。

【 0 0 6 1 】さらには、露光源からの光をマスクを介して被露光体に出射して、前記被露光体を露光する露光装置において、前記露光源からの光を、各々の微小ミラーにて反射させて、変調された光を前記被露光体に出射する光変調装置を設けてもよい。

【 0 0 6 2 】こうすると、半導体ウエハなどの被露光体に、露光工程を利用して、ロット番号などのID情報を記録することができる。

【 0 0 6 3 】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る微小ミラーを備えた光変調装置及びその製造方法の実施例について、図面を参照して説明する。

【 0 0 6 4 】（第1実施例）

光変調装置の構造説明

図1は、第1実施例に係る光変調装置の主要構成要素を示す組立分解斜視図である。同図において、この光変調装置は大別して、シリコン製ミラー基板100、ガラス製電極基板200及びカバーガラス基板300から構成されている。

【 0 0 6 5 】シリコン製ミラー基板100は、マトリクス上に配列された複数の微小ミラー102を有する。この複数の微小ミラー102の内、一方向例えば図1のX方向に沿って配列された微小ミラー102は、トーションバー104にて連結されている。さらに、複数の微小ミラー102が配置される領域を囲んで枠状部106が設けられている。この枠状部106は、複数本のトーションバー104の両端と連結されている。

【 0 0 6 6 】この微小ミラー102は、図2に拡大して示すように、トーションバー104との連結部分の周囲にスリット108が形成されている。このスリット108を形成することで、図2に示す矢印方向への微小ミラー102の傾き駆動を容易にしている。さらに微小ミラー102の表面には、反射層102aが形成されている。そして、後述する駆動により微小ミラー102が傾斜駆動されることで、この微小ミラー102に対して入射する光の反射方向が変化する。そして、所定反射方向に向けて光を反射させる時間を制御することによって、

光の変調を行うようにしている。

【 0 0 6 7 】なお、図 2 及び図 3 (A) , (B) に示す微小ミラー 1 0 2 及びトーションバー 1 0 4 の各種寸法

		最小値	最大値
ミラー幅	W 1	1 0 μ	1 0 0 μ
ミラー長さ	L 1	1 0 μ	1 0 0 μ
ミラー厚さ	T 1	1 μ	5 μ
トーションバー幅	W 2	1 μ	5 μ
トーションバー厚さ	T 2	0 . 5 μ	5 μ
トーションバー長さ	L 2	5 μ	2 0 μ
凹部深さ	H	0 . 5 μ	2 0 μ
偏向角	θ	$\pm 5 ^{\circ}$	$\pm 2 0 ^{\circ}$

図 1 に示すガラス製電極基板 2 0 0 は、中央領域に凹部 2 0 2 を有し、その周囲に立ち上げ部 2 0 4 を有する。立ち上げ部 2 0 4 の一辺は切り欠かれて電極取出口 2 0 6 とされ、この電極取出口 2 0 6 の外側には、凹部 2 0 2 と連続する電極取出板部 2 0 8 が形成されている。

【 0 0 6 9 】このガラス製電極基板 2 0 0 の凹部 2 0 2 には、X 方向で隣り合う 2 つの微小ミラー 2 0 2 間のトーションバー 1 0 4 と対向する位置にて、凹部 2 0 2 より突出形成され、立ち上げ部 2 0 4 の天面と同じ高さを有する多数の支柱部 2 1 0 を有する。

【 0 0 7 0 】さらに、ガラス製電極基板 2 0 0 の凹部 2 0 2 及び電極取出板部 2 0 8 上には、配線パターン部 2 1 2 が形成されている。この配線パターン部 2 1 2 は、図 2 に示すように、トーションバー 1 0 4 を挟んだ両側の微小ミラー 1 0 2 の裏面と対向する位置に、それぞれ第 1、第 2 のアドレス電極 2 1 4、2 1 6 を有する。そして、Y 方向に沿って配列された第 1 のアドレス電極 2 1 4 は第 1 の共通配線 2 1 8 に共通接続されている。同様に、Y 方向に沿って配設された第 2 のアドレス電極 2 1 6 は、第 2 の共通配線 2 2 0 に共通接続されている。

【 0 0 7 1 】上記の構造を有するガラス製電極基板 2 0 0 の上に、図 1 に示すようにして、シリコン製ミラー基板 1 0 0 が陽極接合される。このとき、シリコン製ミラー基板 1 0 0 のトーションバー 1 0 4 の両端部及び枠状部 1 0 6 と、ガラス製電極基板 2 0 0 の立ち上げ部 2 0 4 とが接合される。さらに、シリコン製ミラー基板 1 0 0 のトーションバー 1 0 4 の中間部と、ガラス製電極基板 2 0 0 の支柱部 2 1 0 とが陽極接合される。さらにその後、シリコン製ミラー基板 1 0 0 の枠状部 1 0 6 上に、カバーガラス基板 3 0 0 が接合される。そして、枠状部 1 0 6 と連結されていた各々のトーションバー 1 0 4 の両端部が、枠状部 1 0 6 から切り離される位置にてダイシングされる。さらに、ガラス製電極基板 2 0 0 の立ち上げ部 2 0 4 に切り欠き形成された電極取出口 2 0 6 を含む周縁部が、封止材により封止密閉され、第 1 実施例に係る光変調装置が完成する。ここで、光変調装置の内部を種々の方法により真空にすると、微小ミラーの駆動時に抵抗が少なく、応答動作の高速性、消費電力の

は、下記の通りである。

【 0 0 6 8 】

低下が図られる。

【 0 0 7 2 】光変調駆動原理の説明

微小ミラー 1 0 2 の ON 傾斜駆動の際には、図 1 に示す X 方向に沿って配列された複数の微小ミラー 1 0 2 に対して、トーションバー 1 0 4 を介して同時に通電する。一方、これと同時に図 1 に示す第 1、第 2 のアドレス電極 2 1 4、2 1 6 を一組として点順次又は線順次で駆動し、通電されるトーションバー 1 0 4 を、図 1 の Y 方向に向けて順次選択することで、マトリックス状に配列された微小ミラー 1 0 2 を所定のサイクルにて ON 傾斜駆動することができる。

【 0 0 7 3 】一方、微小ミラー 1 0 2 を OFF 傾斜駆動するには、第 1、第 2 のアドレス電極 2 1 4、2 1 6 に加わる電圧の極性を、ON 傾斜駆動時とは逆にすればよい。これにより、微小ミラー 1 0 2 は ON 傾斜駆動時とは逆の方向に傾斜駆動される。

【 0 0 7 4 】光変調装置の製造方法の説明

第 1 実施例に係る光変調装置の製造方法について、図 4 及び図 5 を参照して説明する。まず、シリコン製ミラー基板 1 0 0 の製造プロセスについて説明する。

【 0 0 7 5 】(I) シリコン製ミラー基板 1 0 0 の製造プロセス

(1) ドープ層を有するシリコン基板の形成工程

この工程では、図 4 (A) に示すシリコン基板 1 1 0 の片面に、図 4 (B) に示すドープ層 1 1 2 を形成している。このために、シリコン基板 1 1 0 上に、例えばボロンドープ材をスピンコーティング法にて塗布する。このボロンドープ材は、有機溶剤の中に B_2O_3 を混ぜたもので、例えば東京応化 (株) の P B F を用いることができる。このとき、ボロンドープ材の膜厚は、シリコン基板 1 1 0 のスピン回転条件及びボロンドープ材の粘度に依存して調整できる。

【 0 0 7 6 】本実施例では、ボロンドープ材の粘度を 5 0 ~ 1 0 0 c p とし、スピン回転条件を変化させることで、ボロンドープ材の膜厚を 0 . 5 ~ 5 . 0 μm の範囲で変化させることができた。

【 0 0 7 7 】このボロンドープ材のスピンコーティング後に、加熱炉にて 1 0 0 ~ 1 8 0 $^{\circ}C$ で 2 0 ~ 4 0 分間加

熱し、ポロンドープ材中の溶剤を蒸発させるとよい。本実施例では、140℃にて30分間ベークを行った。さらに、400～800℃の酸素雰囲気炉で1～2時間焼成し、バインダーを除去する。本実施例では、600℃で1時間の焼成を行った。その後の熱拡散工程は、酸素雰囲気中で800～1200℃で4時間から10時間かけて熱拡散が行われる。本実施例では、1100℃にて6時間熱拡散工程を実施した。

【0078】この結果、ポロンドープ材中のボロン

(B) がシリコン基板110の内部に熱拡散され、シリコン基板110の下面に、図4(B)に示すポロンドープ層112を形成することができた。この熱拡散工程での温度及び処理時間により、ポロンドープ層112の厚さを調整することができ、本実施例では1000℃で6時間かけて熱拡散処理を行うことで、2～3μmのポロンドープ層112を形成することができた。

【0079】このとき、ポロンドープ112中のボロン濃度は、好ましくは $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ 以上であることが好ましい。こうすると、後述するシリコン基板110のエッチング工程において、このポロンドープ層112をエッチングストップ層として機能させることができる。

【0080】ポロンドープ層を形成するには、ボロン拡散板法を採用することもできる。このとき、シリコン基板のポロンドープしたい面を、例えばテクネグラス社製のボロンプラス板(商品名)を対向させて配置する。両者間の間隔は、0.5～4.0mm、さらに好ましくは2.0～3.0mmとするとよい。この対向配置関係を維持したまま、加熱炉にて800～1200℃、例えば1100℃で、酸素流量3～8リットル/min例えば6リットル/minにて、1時～6時間例えば2時間かけて熱拡散工程を実施してもよい。

【0081】さらに他の方法として、イオン注入法を採用してもよい。この時の加速エネルギーは20～50keVで、最適値は35keVである。また、加速電子の数を示すドーズ量は、 $2 \times 10^{14} \sim 8 \times 10^{14}$ 個が適当で、望ましくは 4×10^{13} 個である。さらに、ビーム電流は1.5～4.5mAが適当で、望ましくは3.0mAである。これらの条件でイオン打ち込みを行うと、0.5～4μmのポロンドープ層が形成できた。

【0082】(2) 熱酸化工程

次に、ポロンドープ層112が形成されたシリコン基板110を熱酸化炉に搬入し、図4(C)に示すように、このシリコン基板110の周囲に熱酸化膜114を形成する。本実施例では、ウェット酸化法にて1000℃の温度にて4時間かけて熱酸化処理を行うことで、1μmの厚さの熱酸化膜114を形成した。このとき、ポロンドープ層112も熱酸化され、その表面にも熱酸化膜114が形成される。

【0083】(3) バターニング工程

次に、熱酸化膜114を有するシリコン基板110を、ホトリソグラフィ工程を実施することで、図4(D)に示すようにバターニングを行った。同図に示すとおり、シリコン基板110の表面側には、中心領域に窓を形成するための第1のマスク116をバターニングした。シリコン基板110のポロンドープ層112を有する下面は、図1～3に示す微小ミラー102、トーションバー104、枠状部106及びスリット108などを形成するための第2のマスク118をバターニングした。このバターニングのために、熱酸化膜114の表面及び裏面にそれぞれレジスト塗布、露光及び現像を行った。現像工程後、緩衝フッ酸溶液を用いて所定領域の熱酸化膜(酸化シリコン膜)114を除去した。その後レジスト剥離を行うことでバターニング工程が終了する。このレジスト剥離は、例えば硫酸と過酸化水素水の混合液を80℃にて加熱して使用することができる。

【0084】(4) シリコン基板110のエッチング工程

次に、図4(E)に示すように、シリコン基板110の上面側に形成された第1のマスク116を使用して、シリコン基板110をエッチングして除去した。このエッチング工程は、1～40重量%の濃度のKOH水溶液を用いて、シリコン基板110をウェットエッチングした。KOH水溶液の濃度は、10重量%前後が最適である。このエッチング工程の反応は、下記の反応式に従って行われる。

【0085】



ここで、図4(E)に示すように、シリコン基板110の表面110aの結晶面方位を(100)とすると、エッチングにより形成される側壁110bは55°の角度を持った傾斜壁となる。これに対して、表面110aの結晶面方位を(110)とすると、側壁110bはほぼ垂直な壁とでき、異方性の高いエッチングを実現できる。こうすれば、より広い面積を光変調が可能な面とすることができる。

【0086】この場合のエッチング終点検出は、シリコン基板110の反応により生ずる水素気泡を観測し、水素気泡がなくなった時点を終点とすることができる。あるいは、ポロンドープ層112の不純物濃度を、 $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ 以上とすることで、このポロンドープ層112をエッチングストップ層として機能させることができる。

【0087】なお、この工程で用いられるエッチング液としては、KOH水溶液以外では、TMAH(テトラメチル水酸化アンモニウム)水溶液、EPD(エチレンジアミン-ピロカテコール-ジアジン)水溶液またはヒドラジン水溶液などを使用することができる。

【0088】(5) ポロンドープ層112のエッチング

次に、図 4 (F) に示すように、熱酸化膜 114 の下面に形成された第 2 のマスク 118 を使用して、ボロンドープ層 112 をドライエッチングする。

【0089】このドライエッチングは、エッチング速度が速く量産に適した R I E (反応性イオンエッチング) を用いることが好ましい。このとき、処理ガスとして、 CF_4 を 30 ~ 60 s c c m、 O_2 を 30 ~ 60 s c c m 導入し、13.56 MHz の高周波電源のパワーを、400 ~ 800 W、特に最適地として 600 W に設定した。チャンバ内圧力は、好ましくは 0.05 ~ 0.30 Torr であり、本実施例では最適値である 0.15 Torr を採用した。本実施例では 2 μ m のボロンドープ層をエッチングするのに、15 ~ 30 分のエッチング時間を要した。

【0090】このボロンドープ層 112 をドライエッチングすることで、図 1 ~ 3 に示す微小ミラー 102、トーションバー 104、枠状部 106 及びスリット 108 がそれぞれ形成される。

【0091】(6) 熱酸化膜 114 の剥離工程

この熱酸化膜 114 は、(5) の工程の耐エッチングマスク材として使用された後に剥離される。剥離させる方法としては、例えば、(3) バターニング工程で説明したように、緩衝フッ酸溶液を用いることができる。また、10% 程度の希フッ酸溶液を用いても良い。この工程の実施例により、図 4 (G) に示すように、ボロンドープ層 112 で形成された枠状部 106 に、微小ミラー 102、トーションバー 104 などが支持された状態を得ることができる。

【0092】(7) 反射層 102a の蒸着工程

次に、ボロンドープ層 112 にて形成された微小ミラー 102 の表面に、例えばアルミニウム (Al) からなる反射層 102a を、例えば 0.2 ~ 2 μ m の厚さにて蒸着する。反射層 102a の膜厚が上限を越えると、微小ミラー 102 の慣性モーメントが大きくなって、駆動時の応答速度が遅くなったり、傾斜駆動する際の駆動電圧が高くなる。上記膜厚範囲の下限を下回ると、ボロンドープ層 112 の全面に均一厚さで反射層 102a を形成することが困難となる。

【0093】このとき、微小ミラー 102 の表面以外の部分、すなわちトーションバー 104 には Al が付着しないようにマスキングしてもよいが、本実施例のようにトーションバー 104 上にも反射層 102a を形成してもよい。枠状部 106 の表面に残存するシリコン基板 110 の天面は、その後ガラス製電極基板 200 と陽極接合される領域であるため、この部分に陽極接合を妨げる異物が付着しないようにマスキングすることが重要である。

【0094】なお、反射層 102a の材質としては、可視光を効率よく反射できるものであればよく、例えば銀 (Ag) を用いることもできる。また、反射層 102a

の形成工程は、必ずしも蒸着方法を用いるものに限らず、例えばスパッタを採用することもできる。

【0095】この反射層 102a の形成工程では、その下地材であるボロンドープ層 112 が平坦であるから、その上に形成される反射層 102a も平坦に形成することができる。これにより、反射層 102a に入射される光を、その入射角と等しい反射角にて反射させることができ、この光変調装置を用いて表示装置を構成した場合、コントラストを向上させることが可能となる。

【0096】以上の各工程の実施により、図 1 ~ 3 に示すシリコン製ミラー基板 100 が完成する。この後、図 4 (I) に示すように、シリコン製ミラー基板 100、ガラス製電極基板 200 及びカバーガラス基板 300 の接合が行われることになる。この接合工程を説明する前に、図 5 を参照して、ガラス製電極基板 200 の製造プロセスについて説明する。

【0097】(I I) ガラス製電極基板 200 の製造プロセス

図 5 (A) に示すように、ガラス製電極基板 200 のベースとなるガラス基板 230 は、後述する陽極接合を行うために、アルカリ金属例えばナトリウム (Na) を含有したガラス基板を用いている。この種のガラス基板 230 としては、ホウケイ酸ナトリウムガラスを用いることができ、例えばコーニング社製のバイレックスガラス (商品名) を用いることができる。特に、陽極接合時にガラス基板 230 を加熱するため、シリコンと熱膨張係数がほぼ等しいことを考慮すると、コーニング # 7740 (商品名) が最適である。

【0098】以下、このガラス基板 230 を用いたガラス製電極基板 200 の製造プロセスについて説明する。

【0099】(1) 凹部 202 等のバターニング工程
ガラス基板 230 上へのレジスト塗布、露光及び現像工程を実施することで、図 5 (B) に示すように、ガラス基板 230 の表面に、レジストパターン部 232 を形成する。レジストパターン部 232 は、立ち上がり部 204、支柱部 210 の相当箇所形成される。

【0100】(2) 凹部 202 等の形成のためのエッチング工程

このレジストパターン部 232 をマスクとして、ガラス基板 230 をフッ酸水溶液を用いてウエットエッチングする。これにより、図 5 (C) に示す凹部 202 の他、電極取出口 206 及び電極取出部 208 も同時に形成される。この凹部 202 の深さは、処理時間及び温度などのエッチング条件を変更することで調整できる。

【0101】この凹部 202 の深さは、微小ミラー 102 の振れ角を決める重要な要素であるため、上記のエッチング条件を調整して、ロット間で等しい深さの凹部 202 を形成する必要がある。

【0102】(3) レジスト剥離工程

このレジスト剥離は、硫酸 + 過酸化水素水の混合液を用

いることで行うことができ、これにより図 5 (D) に示すように、ガラス基板 230 に形成された立ち上げ部 204 の天面から、レジストパターン部 232 を剥離させることができる。

【0103】(4) 配線パターン部 212 の形成工程
この配線パターン部 212 を、凹部 202 及び電極取出板部 208 上に形成するために、まず、図 5 (E) に示すように、ガラス基板 230 の全面に、例えばアルミニウム (Al)、銀 (Ag)、金 (Au) 又は ITO にて代表される透明電極などを材質とする電極膜 234 を形成する。この電極膜 234 は、蒸着法、スパッタ法又はイオンプレーティング法等により形成することができる。その後、この電極膜 234 上に、ホトリソグラフィ工程を実施することでレジストパターン部 236 を形成する (図 5 (F) 参照)。その後、このレジストパターン部 236 をマスクとして使用して、電極膜 234 をエッチングする。このエッチングは、ウェットエッチングにより実施できる。

【0104】その後、図 5 (G) に示すように、配線パターン部 212 上のレジストパターン部 236 を剥離することで、ガラス製電極基板 200 が完成する。このとき用いる剥離材は、電極膜 234 の材質により適宜選択される。電極膜 234 の材質を ITO とすることもできる。この場合には、硫酸+過酸化水素水の混合液からなる剥離液は、ITO 自体が溶解するため使用できないので、その代わりに有機溶剤系の剥離液を使用することができる。

【0105】(III) シリコン製ミラー基板 100 とガラス製電極基板 200 との陽極接合図 6 に示すように、位置合わせ機構 314 上に搭載されたホットプレート 310 上にガラス製電極基板 200 を載置し、その上にシリコン製ミラー基板 100 を載置する。このとき、ガラス製電極基板 200 に形成された第 1、第 2 のアドレス電極 214、216 と、シリコン製ミラー基板 100 に形成された微小ミラー 102 とが、それぞれ対向する位置に位置合わせする。この位置合わせは、上方より顕微鏡 316 にて観察しながら、位置合わせ機構 314 によりガラス製電極基板 200 を二次元平面で移動させることで行われる。

【0106】また、陽極接合の際に、基板 100、200 間にゴミなどの異物が混入していると、微小ミラー 102 と配線パターン部 212 とがショートし、不良品になってしまう。そこで、両基板 100、200 を接合する前に、異物混入の有無を確認する検査を行うことが重要である。この検査は、両基板 100、200 を重ね合わせる前に行うことができると共に、配線パターン部 212 を透明電極例えば ITO にて形成した場合には、両基板を重ね合わせても、ガラス製電極基板 200 の下側より顕微鏡にて観察して行うことができる。

【0107】その後、シリコン製ミラー基板 100 及び

ガラス製電極基板 200 を直流電源 312 に接続する。シリコン製ミラー基板 100 は電源 312 のプラス端子に、ガラス製電極基板 200 は電源 312 のマイナス端子にそれぞれ接続される。そして、ホットプレート 310 により、ガラス製電極基板 200 を 250~450℃、例えば 350℃ に加熱し、電源 312 より 300~1000V、例えば 600V の電極を 2~3 分間印加する。

【0108】そうすると、ホットプレート 310 により加熱されることで、ガラス製電極基板 200 中の Na (プラス) が移動しやすくなる。この Na (プラス) の移動により、ガラス製電極基板 200 の接合面はマイナスに帯電し、シリコン製ミラー基板 100 の接合面はプラスに帯電する。この結果、両接合面間には大きなクーロン力が作用し、界面で化学結合が生じて静電接合が行われることになる。これにより、シリコン製ミラー基板 100 とガラス製電極基板 200 とを強固に接合することができる。

【0109】この陽極接合により、シリコン製ミラー基板 100 のトーションバー 104 の両端部及び枠状部 106 が、ガラス製電極基板 200 の立ち上げ部 204 と接合され、シリコン製ミラー基板 100 のトーションバー 104 の中間部は、ガラス製電極基板 200 の支柱部 210 と接合される。

【0110】このように、シリコン製ミラー基板 100 とガラス製電極基板 200 とを陽極接合することで、接着剤を用いた場合のように、接着層の厚みを要することなく、両者を確実に接合できる。しかも、接着剤を用いた場合とは異なり、接着層の厚さがばらつくこともないので、図 3 (B) に示す凹部深さ H をロット間でほぼ一定に設定することができる。この凹部深さ H は、微小ミラー 102 の振れ角 θ を決定するものであるが、陽極接合によりこの振れ角 θ をもロット間で均一に設定することが可能なる。

【0111】カバーガラス基板 300 を、ガラス製電極基板 200 と同様に Na を含有するガラス基板で構成すれば、シリコン製ミラー基板 100 の枠状部 106 に対して、このカバーガラス基板 300 を同様に陽極接合することができる。但し、シリコン製ミラー基板 100 とカバーガラス基板 300 との接合は、精度を要するものではないので、他の接合方法例えば接着剤を用いた接合方法を採用することもできる。

【0112】(IV) 封止、ダイシング及び配線工程
(1) 封止工程

電極取出口 206 を封止材により封止して密閉する。こうすると、下記の (2) ダイシング工程にて、シリコン製ミラー基板 100 およびガラス製電極基板 200 の間に異物、水などが侵入することを防止できる。この結果、微小ミラー 102 と配線パターン部 212 とがショートすることを防止でき、処理の歩留まりを向上させる

ことができる。また、下記の(2)ダイシング工程後には、光変調素子330の2つの側面に、図7(B)に示すようにトーションバー104の板厚分の微細な間隙240が生じるので、この微細な間隙240も同様にして封止することができる。

【0113】(2)ダイシング工程

図7(A)に示すように、上記のようにして得られる光変調素子330を複数個同時に、図4(A)に示すシリコン基板110を構成する1枚のウェハ320上に形成することができる。このため、光変調素子330の完成後に、ウェハ320をダイシングして、個々の光変調素子330に分離している。このダイシング工程により、枠状部106に連結されていたトーションバー104の両端が切り離され、図1のY方向にて分離されて1本ずつ独立した電極として機能する。ダイシングにより分離された光変調素子330は図7(B)に示す通りである。

【0114】(3)配線工程

その後、分離された光変調素子330を、図示しない基板上に固定し、配線を行う。図7(B)に示すように、電極取出板308上の配線パターン部212と、側面に露出するトーションバー104の端部とを、図示しない駆動回路に接続することで配線工程を実施する。こうして、光変調装置が完成する。

【0115】(第2実施例)次に、高密度実装が可能な光変調装置について、図8～図10を参照して説明する。

【0116】高密度光変調装置の全体構成

この第2実施例に係る光変調装置は、図8及び図9に示すように、大別してシリコン製ミラー基板400、ガラス製電極基板500及びカバーガラス基板600を有する。シリコン製ミラー基板400とガラス製電極基板500とは、第1実施例と同様に陽極接合される。シリコン製ミラー基板400とカバーガラス基板600との位置関係は、微小ミラーの振れ角には影響がないので、第1実施例と同様に、両基板400、600を陽極接合以外の例えば接着剤を用いて接合してもよい。

【0117】このシリコン製ミラー基板400は、図8のX方向及びY方向にてマトリクス状に配列された微小ミラー402と、X方向に配列された微小ミラー402を連結するトーションバー404と、このトーションバー404の端部を連結する枠状部406とを有する。トーションバー404が微小ミラー402と連結される連結部の周囲にはスリット408が形成されている。また、トーションバー404の一端404aは、枠状部406に直接連結されているのに対し、その他端404bは、広い面積のミラー用電極410を介して枠状部406と連結されている。

【0118】枠状部406の一辺には、アドレス電極取出口412が切り欠き形成されている。そして、多数の

微小ミラー402が配列された領域と、アドレス電極取出口412とを仕切る仕切り部414が設けられている。

【0119】このシリコン製ミラー基板400は、シリコン基板上に複数同時に形成され、ダイシング工程の際には、図8に示すA～Dの4箇所の位置に沿って、他のシリコン製ミラー基板と分離される。

【0120】図8に示すガラス製電極基板500は、中央領域に形成された凹部502と、その周囲にて立ち上げ形成された立ち上げ部504を有する。この凹部502には、シリコン製ミラー基板400の仕切り部414と対向する位置に中間リブ506が設けられてる。さらに、凹部502には、図8のX方向にて隣接する2つの微小ミラー402、402の間に位置するトーションバー404と対向する位置に、支柱部508を有する。ガラス製電極基板500の凹部502には、中間リブ506の両側にて、図8のY方向に沿って複数本の配線パターン部510が形成されている。この配線パターン部510は、トーションバー404を境にして微小ミラー412の2つの領域と対向する第1、第2のアドレス電極512、514を有する。図8のY方向に沿って配列された複数の第1のアドレス電極512は、第1の共通配線516に共通接続されている。同様に、図8のY方向に沿って配列された複数の第2のアドレス電極514は、第2の共通配線518に共通接続されている。そして、第1、第2の共通配線516、518の端部516a、518aが、中間リブ506を越えた位置まで延在形成されている。

【0121】なお、このガラス製電極基板500も、一枚のガラス基板上に複数同時に形成され、その後一つの光変調素子に分離する際にダイシングされる。

【0122】このガラス製電極基板500をシリコン製ミラー基板400と陽極接合した際には、第1、第2の共通配線516、518の各端部516a、518aは、シリコン製ミラー基板400に開口形成されたアドレス電極取出口412を介して露出される。なお、シリコン製ミラー基板400とガラス製電極基板500とが陽極接合された際には、第1実施例と同様に、シリコン製ミラー基板400のトーションバー404の両端部404a、404b及び枠状部406と、ガラス製電極基板500の立ち上げ部504とが陽極接合される。また、シリコン製ミラー基板400のトーションバー404の中間部が、ガラス製電極基板500の支柱部508に陽極接合される。この第2実施例ではさらに、シリコン製ミラー基板400の仕切り部414が、ガラス製電極基板500の中間リブ506と陽極接合されるようになっている。

【0123】図8に示すカバーガラス基板600は、シリコン製ミラー基板400に多数形成された微小ミラー402の配置領域と対向する位置に凹部602を有す

る。この凹部 6 0 2 の周縁には立ち上げ部 6 0 4 が形成されてる。製造プロセス上、複数のカバーガラス基板 6 0 0 が 1 枚のガラス基板から形成されるようになっており、ガラス基板のダイシングにより図 8 に示す 1 つのカバーガラス基板 6 0 0 が構成される。そして、立ち上げ部 6 0 4 の一辺 6 0 4 a は、ダイシングされたトーションバー 4 0 4 の一端 4 0 4 a と重合する位置に配置される。立ち上げ部 6 0 4 の前記一辺 6 0 4 a と平行な他の一辺 6 0 4 b は、ダイシングされたトーションバー 4 0 4 の他端 4 0 4 b と重合する位置に配置される。この結果、シリコン製ミラー基板 4 0 0 のミラー用電極 4 1 0 は外部に露出することになる。立ち上げ部 6 0 4 の前記各一辺 6 0 4 a、6 0 4 b と直交する他の二辺 6 0 4 c 及び 6 0 4 d は、それぞれシリコン製ミラー基板 4 0 0 の枠状部 4 0 6 と仕切り部 4 1 4 と重合する位置に配置される。

【0124】この結果、図 9 に示すように、シリコン製ミラー基板 4 0 0 に開口形成されているアドレス電極取出口 4 1 2 が外部に露出し、ガラス製電極基板 5 0 0 上に形成された第 1、第 2 の共通配線 5 1 6、5 1 8 への配線が可能となる。なお、この配線後は、アドレス電極取出口 4 1 2 は封止材により封止密封される。また、上述のダイシング工程を実施すると、トーションバー 4 0 4 の一端 4 0 4 a 及び他端 4 0 4 b が存在しない領域では、図 9 に示すように、ガラス製電極基板 5 0 0 の立ち上げ部 5 0 4 と、カバーガラス基板 6 0 0 の立ち上げ部 6 0 4 との間に、トーションバー 4 0 4 の厚み分だけの間隙 5 1 1 が生ずる。この間隙 5 1 1 も、上記と同様にして封止材により封止密封される。

【0125】光変調装置の製造プロセスについて次に、図 10 を参照して第 2 実施例に係る光変調装置の製造プロセスについて説明する。なお、ガラス製電極基板 5 0 0 の製造プロセスは、図 5 に示すプロセスと実質的に同一プロセスを適用できる。カバーガラス基板 6 0 0 は、凹部 6 0 2 をエッチング形成するために、図 5 (B) ~ (D) のプロセスを適用すればよい。

【0126】以下に、この第 2 実施例の光変調装置の製造プロセスに特有点について説明する。

【0127】(1) ボロンドープ層 4 2 2 の形成工程
図 10 (A) では、シリコン基板 4 2 0 の一面に、ボロンドープ層 4 2 2 が形成される。このボロンドープ層 4 2 2 の形成は、第 1 実施例と同様にして行われる。

【0128】(2) 基板 4 0 0、5 0 0 の陽極接合工程
この第 2 実施例に係る光変調装置の製造プロセスにて特有点は、図 10 (B) に示すように、ボロンドープ層 4 2 2 が形成されたシリコン基板 4 2 0 を、ガラス製電極基板 5 0 0 と陽極接合している点である。

【0129】この両基板 4 0 0、5 0 0 の陽極接合は、第 1 実施例と同様に、図 6 に示す装置を用いて実施される。すなわち、ホットプレート 3 1 0 上に載置されたガ

ラス製電極基板 5 0 0 を 2 5 0 ~ 4 5 0 ℃ の範囲、例えば 3 5 0 ℃ まで加熱する。同時に、両基板 4 0 0、5 0 0 に直流電源 3 1 2 を接続し、ガラス製電極基板 5 0 0 にはマイナス電圧を、シリコン製ミラー基板 4 0 0 にはプラス電圧をそれぞれ印加する。こうすると、ガラス製電極基板 5 0 0 中の Na (プラス) が移動し、ガラス製電極基板 5 0 0 の接合面がマイナスに帯電し、シリコン製ミラー基板 4 0 0 の接合面がプラスに帯電し、両接合面間に大きなクーロン力が作用して静電接合される。

10 【0130】この第 2 実施例に係る光変調装置が高密度実装に適している理由は、両基板 4 0 0、5 0 0 を陽極接合する際に、第 1 実施例のように既に形成された微小ミラーと配線パターン部との厳密な位置合わせを行わなくて済むからである。この厳密な位置合わせは、図 10 (E) に示す反射層 4 0 2 a のパターニングの際に必要なとなる。

【0131】(3) シリコン基板 4 2 0 のウエットエッチング工程

次に、図 10 (C) に示すように、ボロンドープ層 4 2 2 上に形成されたシリコン基板 4 2 0 を全面エッチングする。この時のウエットエッチングは、第 1 実施例と同じ例えば 1 0 ~ 4 0 重量% の濃度の KOH 水溶液を用い、第 1 実施例にて示したエッチング反応式従って、シリコンがエッチングされて除去される。エッチング終点検出はシリコン基板 4 2 0 の反応により生ずる水素気泡を観測し、水素気泡がなくなった時点を終点とすることができる。あるいは、ボロンドープ層 4 2 2 の不純物濃度を、 $1 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 以上とすることで、このボロンドープ層 4 2 2 をエッチングストップ層として機能させることができる。

30 【0132】なお、ウエットエッチングに用いる水溶液は、KOH 水溶液に限らず、TMAH 水溶液、EPD 水溶液あるいはヒドラジン水溶液などを使用することもできる。

【0133】(4) 反射層 4 0 2 a の蒸着工程

次に、図 10 (D) に示すように、ボロンドープ層 4 2 2 の全表面に、反射層 4 0 2 a を形成する。この反射層 4 0 2 a としては、例えばアルミニウム (Al) を蒸着することで形成している。この反射層 4 0 2 a の膜厚は、第 1 実施例と同様に 0.2 ~ 2 μm とすることができる。

40 【0134】(5) 反射層 4 0 2 a のパターニング工程
次に、図 10 (E) に示すように、一連のホトリソグラフィ工程を実施して、反射層 4 0 2 a 上にレジストパターン部 4 2 4 を形成する。このレジストパターン部 4 2 4 は、図 8 に示すシリコン製ミラー基板 4 0 0 に形成される微小ミラー 4 0 2、トーションバー 4 0 4、枠状部 4 0 6、スリット 4 0 8、ミラー用電極 4 1 0、アドレス電極取出口 4 1 2 及び仕切り部 4 1 4 の形状と相応している。

【0135】反射層402aがアルミニウム(A1)で形成された場合には、燐酸と酢酸、硝酸の混合液を30℃に加熱して、約3分間浸漬してウェットエッチングを行うことができる。これにより、図10(E)に示すように、反射層402aのパターニングを行うことができる。

【0136】このときに、両面アライメント装置を用いれば、0.5μmの精度で、パターニングを行うことができる。すなわち、図10(E)の下方より、すなわちガラス製電極基板500の下方側より顕微鏡を介して配線パターン部510の位置を認識し、同時に、シリコン製ミラー基板400の上方側からも顕微鏡にて観測を行う。そして、ガラス製電極基板500に形成された配線パターン部510の認識位置を基準として、レジストパターン部424を形成するための露光工程を実施することができる。これにより、微小ミラー402などと相応する形状のレジストパターン424を、配線パターン部510の第1、第2のアドレス電極512、514と対向する位置に形成することができ、これにより実装密度が高まっても精度のよいパターニングを行うことが可能となる。

【0137】また、両基板400、500の両極接合前に、その挟まれた空間に万一異物が混入していたとすると、これを除去することが極めて困難になる。この異物がガラス製電極基板500の配線パターン部510と付着すると、微小ミラー402が傾斜駆動された際に、両者間にショートが生じ、不良となって歩留まりが低下してしまう。

【0138】そこで、この第2実施例では、両基板400、500の陽極接合の前に、透明なガラス製電極基板500側から光を照射し、異物の混入があるか否かを検査している。この際に、ガラス製電極基板500に形成される配線パターン部510は、Al、Agなどの金属に代えて、透明電極例えばITOとすることが好ましい。こうすると、ITOの表面に付着している異物をも検出可能となる。

【0139】(6) ボロンドープ層422のドライエッチング工程

ボロンドープ層422をエッチングするには、ウェットエッチングよりもドライエッチングが適している。その理由は、ウェットエッチングではボロンドープ層422のエッチング、水洗、乾燥の一連の工程で、外部から異物が付着したり、乾燥しみが発生したりすることがあるが、ドライエッチングではそれが無いからである。

【0140】ボロンドープ層422をドライエッチングするには、レジストパターン部424を耐エッチングマスク材にしている。このドライエッチングは、第1実施例の図4(F)の工程と同じ条件で実施できる。

【0141】(7) レジストパターン部424の剥離工程

このレジストパターン部424は、例えばUVアッシング装置により、ドライプロセスにてアッシングして除去することができる。

【0142】(8) カバーガラス基板とシリコン製ミラー基板との接合工程

このカバーガラス基板600は、第1実施例と同様に、精度の高い接合は不要であるため、陽極接合に代えて、接着剤による接合を行うこともできる。

【0143】(9) 封止工程

ダイシング時の水や異物の進入を防止するために、図9に示す電極取出し開口412を封止材で封止する。ダイシング後に生ずる図9に示す微細な間隙511も、後に同様にして封止される。

【0144】(10) ダイシング工程

上述した各工程は、複数個の光変調素子を構成するための基板400、500及び600を複数組搭載できるシリコン基板あるいはガラス基板の状態で行われる。そしてカバーガラス基板600の接合工程が終了した後に、一つ一つの光変調素子に分離するためのダイシングが行われる。このダイシングの際に、図8に示す位置A~Dの位置に沿って、基板400、500及び600がそれぞれダイシングされることになる。これにより、組立中は相互に連結されていた複数本のトーションバー404がそれぞれ分離される。

【0145】(11) 配線工程

最後に、分離された光変調素子のミラー電極410とアドレス電極512、514の端部512a、514aを、図示しない駆動回路に接続して配線を行う。これにより、光変調装置が完成する。

【0146】なお、上述の第1、第2実施例では、シリコン製ミラー基板とガラス製電極基板とを陽極接合した例を示したが、これに代えて他の接合方法を採用することもできる。他の例として、直接接合及び共晶接合を挙げることができる。

【0147】直接接合は、ミラー基板及び電極基板を共にシリコン基板とした場合に利用できる。シリコン基板を良く洗浄し、シリコン基板の接合面の濡れ性を良好とした後に、例えば赤外線顕微鏡を用いて室温下で位置合わせ及び仮止めを行う。その後、仮止めされたシリコン基板を800~1200℃、最適温度として1100℃にて、窒素雰囲気中で1~4時間熱処理することで、シリコン基板同士を直接接合することができる。ここで、シリコン基板の濡れ性が良好である時には、シリコン表面元素はSi-O-Hの結合になっている。これを熱処理することにより、脱水反応が生じてSi-O-Siの共有結合となり、シリコン基板同士が接合される。

【0148】共晶接合は、電極基板の接合面をアルミニウム(Al)または金(Au)とした時に利用できる。これらの金属は、300~350℃と比較的低温で合金化し易い。例えば、Au膜を電極基板上にスパッタ法に

て形成し、そのAu膜表面にシリコン製ミラー基板を接触させ、300～400℃で1～2時間熱処理すると、接合界面のAuがSi中に拡散してゆき、接合界面がなくなり接合される。

【0149】このように、電極基板の材質としては、採択される接合法に応じて種々選択できる。ただし、接合が加熱下で行われる場合には、シリコンと熱膨張係数が近いことが好ましい。

【0150】（第3実施例）以下に示す第3実施例は、微小ミラー402と第1、2のアドレス電極512、514との間のショートを実際に防止できる構成を示している。図11（A）に示すように微小ミラー402が第1、2のアドレス電極512、514と対向する側の面には、絶縁膜416が形成されている。こうすると、微小ミラー402と第1、2のアドレス電極512、514との間に万一異物10が存在したとしても、絶縁膜416によって、微小ミラー402と第1、2のアドレス電極512、514との間のショートを防止できる。

【0151】微小ミラー402の裏面側に絶縁膜416を形成すると、図11（B）に示すように、第1、2のアドレス電極512、514を微小ミラー402の傾動時の傾き角を決定するストッパーとして兼用することもできる。この種の絶縁膜は、例えば第1実施例に示す光変調装置の場合にあっては、図4（G）に示す熱酸化膜の剝離工程を省略することで実現できる。即ち、図4（C）にて形成した熱酸化膜114を、絶縁膜として兼用することができる。

【0152】微小ミラー402と第1、2のアドレス電極512、514との間のショートを防止するためには、第1、2のアドレス電極512、514の表面に、絶縁をスパッタ装置等の成膜装置によって形成してもよい。

【0153】微小ミラー402の裏面に絶縁膜416を形成した場合には、第1、2のアドレス電極512、514の表面を粗面に形成するとよい。こうすると、微小ミラー402と接触する電極512、514の接触面積を少なくすることができる。粗面に形成しないと、微小ミラー402に形成された絶縁膜416に、ホットキャリアの帯電がおき、電極512、514への微小ミラー402の張り付きが生じてしまう。電極512、514の表面を粗面にするだけで、これらの弊害を防止できる。なお、この粗面は、好ましくは200オングストローム以上の高さを持つ凸部を電極表面に形成することで実現できる。

【0154】第1、2のアドレス電極512、514の表面を粗面にするには、例えばスパッタ法による成膜時の条件を変えて粒径の大きなスパッタ粒子を用いて成膜するとよい。あるいは、蒸着法によって電極512、514を形成すると、その表面が粗面となる。

【0155】あるいは、図5（C）に示す凹部202等の形成のためのエッチング工程において、エッチング条件を変えてエッチング面を粗面にすることにより、その上に形成されたITO膜面を粗面にすることができる。

【0156】微小ミラー402に形成された絶縁膜416と、電極512、514との接触面積を少なくするためには、図12に示すように、微小ミラー402の両端側であって、絶縁膜416の一部を下方に突出させたマイクロピラミッド416aを形成することもできる。このマイクロピラミッド416aを形成するには、図13（A）～（C）の工程を実施すればよい。まず、同図（A）に示すように、絶縁膜416上に平坦な第1の酸化膜430を形成する。その後この第1の酸化膜430上であって、微小ミラー402の両端部の位置に、局所的に第2の酸化膜432を形成する。

【0157】次に、この第1、2の酸化膜430、432をエッチングする。こうすると、図13（B）に示すように、エッチング速度が全面にて均一であるとすれば、中央領域の第1の酸化膜430が完全に除去された後も、その周縁領域の第1の酸化膜430が残存している。その後引き続きエッチングを進行させると、中央領域の絶縁膜416の表面のみがエッチングされ、その端部の絶縁膜416がエッチングされないことになる。

【0158】そして、図13（C）に示すように、その端部に残存している酸化膜を除去することで、微小ミラー402の両端に、絶縁膜416にて形成されたマイクロピラミッド416aを形成することができる。

【0159】第1、2のアドレス電極512、514によって微小ミラー402の裏面に形成した絶縁膜416の帯電を防止するには、図14に示すように、ガラス製電極基板500の凹部502より突出する絶縁性ストッパ530を設けることでもよい。こうすると、微小ミラー402の傾斜駆動時であっても、その裏面側の絶縁膜416、第1、2のアドレス電極512、514との距離を大きくとれることによって、帯電に伴う微小ミラー402の張り付きを防止できる。

【0160】（第4実施例）次に、第1実施例または第2実施例の光変調装置を用いて、プロジェクターを構成する実施例について、図15～図17を参照して説明する。

【0161】図15は、1段の光変調装置700を用いて、プロジェクターを構成した実施例を示している。同図に示す通り、プロジェクションランプ702から出射された白色光は、コンデンサレンズ704を介して回転式カラーフィルタ706に集光される。この回転式カラーフィルタ706は、R、G、Bの三色の色フィルターを有する。コンデンサレンズ704の集光位置に対して各色フィルターが回転配置されることで、順次異なる色の波長の光がフィルターを通過する。

【0162】回転式カラーフィルタ706の「R」、

「G」、「B」のフィルタを順次透過した光は、コンデンサレンズ 708、反射ミラー 710 及びハーフプリズム 712 を経由して、光変調装置 700 に入射することになる。この光変調装置 700 では、外部からの映像信号に基づいて、上述した駆動法に従って、X 方向（水平方向）の端から順次、微小ミラーを傾斜駆動させる走査を行い、かつ、Y 方向（垂直方向）に順次走査することで、マトリクス状に配列された各々の微小ミラーにて入射光を反射させる。これにより、微小ミラーが配置されたマトリクス状の各画素にて、階調に応じて変調された反射光を得ることができる。

【0163】この反射光は、ハーフプリズム 712 を介して平行光としてプロジェクションレンズ 714 に入射され、このプロジェクションレンズ 714 を介してスクリーン 716 上にて拡大投影されることになる。

【0164】ここで、本実施例の光変調装置 700 は、偏光板を有することで光利用率の低い従来の液晶パネルと比べて、光利用効率は 3 倍以上あり、スクリーン 716 上に十分な明るさをもった画像を表示することが可能となる。

【0165】しかも、微小ミラーの応答速度は $20 \mu s$ 程度と、従来の液晶の $30 ms$ 程度に比べて格段に速く、画像のちらつきをも防止することができる。さらには、従来の液晶パネルを利用する場合には、光利用効率が低いため、「R」、「G」、「B」に対応して 3 枚の液晶パネルを必要としていたため、各軸方向でのアライメント調整が極めて煩雑であった。

【0166】これに対して、本実施例の光変調装置 700 を用いれば、図 15 に示すように 1 段のみで十分な明るさを得られ、アライメント調整も極めて容易となる。

【0167】なお、この光変調装置 700 を、図 16、図 17 に示すように、2 段又は 3 段設けることもできる。図 16 の場合、回転式カラーフィルタ 707 は「G」、「B」のフィルターを有し、2 つの光変調装置 700 の前段に 2 波長領域に分光する分光プリズム 717 が配置される。一方、図 17 の場合には、回転式カラーフィルタは用いられず、3 つの光変調装置 700 の前段に 3 波長領域に分光する分光プリズム 718 が設けられる。こうして、光変調装置 700 を、いずれか 2 色の波長に兼用し、あるいは各波長毎に独立して 2 段または 3 段配置することも可能である。こうすれば、より明るく鮮明な画像をスクリーン 716 上に投影することが可能となる。

【0168】（第 5 実施例）図 18 は、本実施例の光変調装置 720 を、電子写真装置例えばレーザープリンタに適用した実施例を示している。この実施例では、光変調装置 720 が従来のポリゴンミラーの代用として用いられている。同図において、光変調装置 720 の複数の微小ミラー 722 は、レーザー光源 724 から出射されるレーザー光と平行な方向に沿って配列されている。

【0169】図 18 では、右側の端部に位置する微小ミラー 722 が ON 駆動された状態が示されており、この微小ミラー 722 の ON 駆動時に反射される反射光の進行方向前段には、感光ドラム 730 が配置されている。このとき、他の微小ミラーは OFF 駆動であり、レーザー光を遮ることがない。

【0170】感光ドラム 730 は、図 19 に示すように例えば時計方向に回転可能となっている。この感光ドラム 730 の周囲には、露光ランプ 732、現像装置 734、転写装置 736、クリーニング装置 738、除電装置 740 がそれぞれ配置されている。図 18 に示す光変調装置 720 の各々の微小ミラー 722 を、図の右側から左側に順番に走査すると、予め露光ランプ 732 にて一定電位に帯電された感光ドラム 730 の表面電位は、微小ミラー 722 により変調された反射光に基づいて電位が変わり、潜像が形成される。感光ドラム 730 の回転により、現像装置 734 により潜像にトナーが付着されて現像され、転写装置 736 によりそのトナーが記録媒体 744 側に転写される。この記録媒体 744 は、その後段に設けられた定着ローラ 742 にて定着が行われた後に排紙される。また、転写が終了した後は、感光ドラム 730 上に残存するトナーがクリーニング装置 738 により回収され、除電ランプ 740 により除電されて初期状態に戻る。

【0171】このように、本実施例によれば、光変調装置 720 を従来のポリゴンミラーの代用として用いることができ、しかも光変調装置 720 は高密度実装が可能であってかつ応答速度が速いため、高い解像度の画像を記録媒体 744 上に記録することができる。

【0172】（第 6 実施例）この第 6 実施例は、本実施例の光変調装置を光スイッチングが可能な例えば光カードに適用した実施例を示している。図 20 に示すように、絶縁基板 750 上には、任意の誘導電圧を生じさせることができる複数例えば 12 個の誘導コイル 752-1 ~ 752-12 が設けられる。

【0173】この絶縁基板 750 上の端部には本実施例の光変調装置 760 が配置されている。そして、各々の誘導コイル 752-1 ~ 752-12 は、光変調装置 760 に設けられた 6 個の微小ミラーとそれぞれ対向する第 1、第 2 のアドレス電極に、配線パターン 754 を介して接続されている。

【0174】この光カードからの光スイッチング信号を検出できるデバイスに、この光カードを挿入すると、絶縁基板 750 に形成された 12 個の誘導コイル 752-1 ~ 752-12 とそれぞれ対応してデバイス側の 12 個の誘導コイルが配置される。これに通電することで各々の誘導コイル 752-1 ~ 752-12 にて誘導電圧が生ずる。この誘導電圧に基づき、光変調装置 760 内の 6 個の微小ミラーを傾斜駆動させ、その反射光により変調された光スイッチング信号を得ることができる。

【0175】ここで、この光変調装置760は極めて小型に形成することができるので、携帯用のカード内に十分収容することができる。しかも、この光カードは磁気の影響とは無関係であるので、カード内のデータが読みとられて犯罪に使用されることを防止できる。

【0176】(第7実施例) この第7実施例は、本発明に係る光変調装置780を露光装置に組み込み、露光される半導体ウェハ770の表面に、ロット番号その他のウェハ固有の情報を書き込むために用いている。

【0177】ウェハ770が載置されるウェハ載置台772と対向して、その情報には露光のための光源774が設けられている。この光源774とウェハ載置台772との間には、光源774から出射された光を、所定のマスクパターン像として、ウェハ770上に縮小投影するレチクル776が設けられている。この露光装置に内蔵された光変調装置780は、光源774からの一部の光が入射される位置に配置され、微小ミラーがON駆動された際に、その反射光がウェハ770の所定の位置に入射するようになっている。

【0178】ここで、露光装置の光源774の波長は、g線、i線、エキシマレーザと、素子の高密度化に従い短波長となっている。もしこのような短波長の光を、液晶を用いた光スイッチング素子にて変調しようとするれば、封入された液晶はすぐに劣化してしまう。

【0179】本発明の光変調装置780は、微小ミラーにてこの短波長を反射するだけであるので、十分な耐久性を有する。

【0180】このように、本発明の光変調装置780を用いれば、光源774からの短波長の露光用の光を兼用して、ウェハ770上にID情報などを記録することができ、別個に光源を設ける必要がなくなる。

【0181】本発明に係る光変調装置は、上述の各種機器に応用されるものに限らず、光を階調変調するもの、あるいは単にON/OFF変調する各種の機器に適用することが可能である。例えば、光変調装置の微小ミラーにて反射された光を直接目視できるように構成し、絵や文字などのキャラクターを表示する広告用の看板、あるいは時計表示などにも適用することが可能である。

【0182】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係る光変調装置の組立分解斜視図である。

【図2】図1に示す装置に用いられる微小ミラーの拡大斜視図である。

【図3】(A)は微小ミラーの平面図、(B)は微小ミラーの側面図である。

【図4】(A)～(I)はそれぞれ、図1に示す光変調装置のシリコン製ミラー基板の製造プロセスを説明する概略断面図である。

【図5】(A)～(G)は、図1に示す光変調装置のガ

ラス製電極基板の製造プロセスを示す概略断面図である。

【図6】図4(I)の陽極接合工程を説明するための概略説明図である。

【図7】(A)は図1に示す複数の光変調装置が1枚のウェハ上から製造される状態を説明するための概略説明図、(B)はウェハから分離された一つの光変調装置の概略斜視図である。

【図8】本発明の第2実施例に係る光変調装置の組立分解斜視図である。

【図9】第2実施例に係る光変調装置の斜視図である。

【図10】(A)～(H)はそれぞれ、図8に示す装置の製造プロセスを説明する概略断面図である。

【図11】(A)及び(B)はそれぞれ、微小ミラーの裏面に絶縁膜を形成した本発明の第3実施例を説明するための概略説明図である。

【図12】微小ミラーの裏面に形成された絶縁膜の端部にマイクロピラミッドを設けた第3実施例の変形例を示す概略説明図である。

【図13】(A)～(C)はそれぞれ、図12に示すマイクロピラミッドを形成する工程を示す概略断面図である。

【図14】ガラス製電極基板に絶縁性ストッパを設けた第3実施例の変形例を示す概略説明図である。

【図15】1段の光変調装置を設けてプロジェクターを構成した本発明の第4実施例の概略説明図である。

【図16】2段の光変調装置を設けてプロジェクターを構成した第4実施例の変形例を示す概略説明図である。

【図17】3段の光変調装置を設けてプロジェクターを構成した第4実施例の変形例を示す概略説明図である。

【図18】本発明の光変調装置をポリゴンミラーの代用として用いて電子写真装置を構成した本発明の第5実施例の概略説明図である。

【図19】図18に示す電子写真装置の感光体回りの構成を説明するための概略説明図である。

【図20】光変調装置を光スイッチング装置としての光カードに適用した本発明の第6実施例を説明するための概略説明図である。

【図21】光変調装置を露光装置に内蔵した本発明の第7実施例を説明するための概略説明図である。

【図22】従来の光変調装置の組立分解斜視図である。

【図23】従来の光変調装置の光変調動作を説明するための概略説明図である。

【図24】(A)～(H)は、図22に示す従来の光変調装置の製造プロセスを示し、下層の上に中間層を形成するプロセスの概略説明図である。

【図25】(A)～(F)は、図24で得られた中間層の上に上層を形成する従来のプロセスを示す概略説明図である。

【符号の説明】

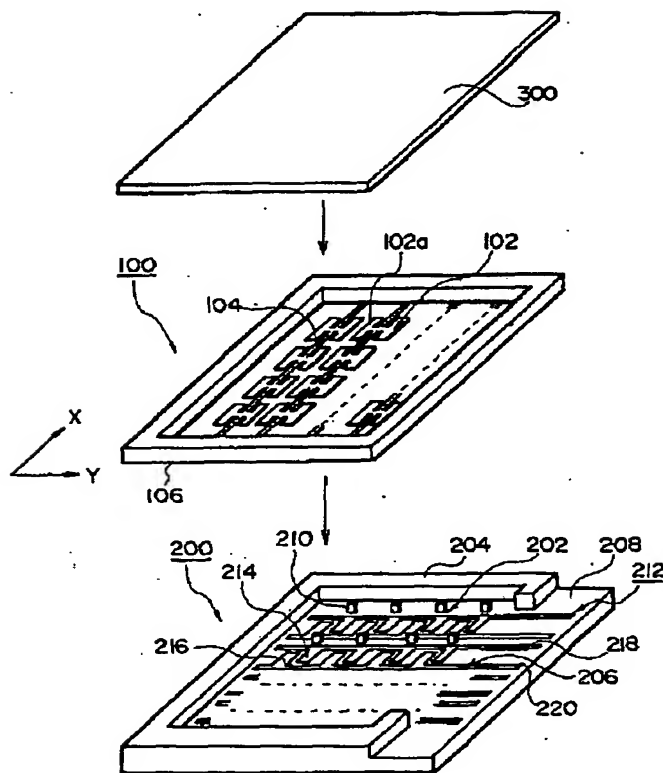
33

34

100, 400 シリコン製ミラー基板
 102, 402 微小ミラー
 202a, 402a 反射層
 104, 404 トーションバー
 106, 406 枠状部
 110, 420 シリコン基板
 112, 422 ドープ層
 116 第1マスク
 118 第2マスク
 200, 500 ガラス製電極基板
 202, 502 凹部
 204, 504 立ち上り部
 210, 508 地中部
 212, 510 配線パターン部
 214, 512 第1のアドレス電極
 216, 514 第2のアドレス電極
 218, 516 第1の共通配線
 220, 518 第2の共通配線
 300, 600 カバーガラス基板

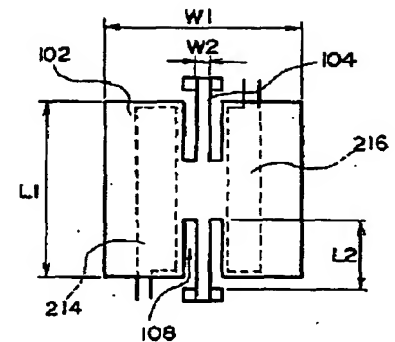
310 ホットプレート
 312 直流電源
 320, 770 半導体ウェハ
 700, 720, 760, 780 光変調装置
 702, 714 プロジェクションランプ
 706 回転式カラーフィルタ
 712 ハーフプリズム
 716 スクリーン
 724 レーザ光源
 10 730 感光ドラム
 734 現像装置
 736 転写装置
 750 絶縁基板
 752 誘導コイル
 754 配線パターン
 772 ウェハ載置台
 774 光源
 776 レチクル

【図1】

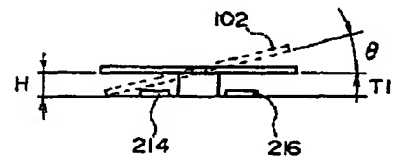


【図3】

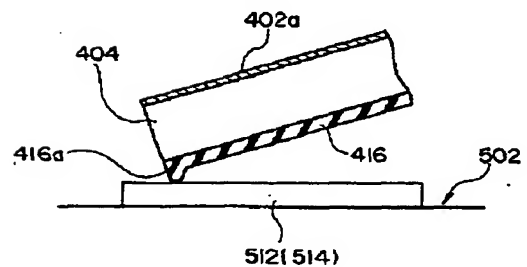
(A)



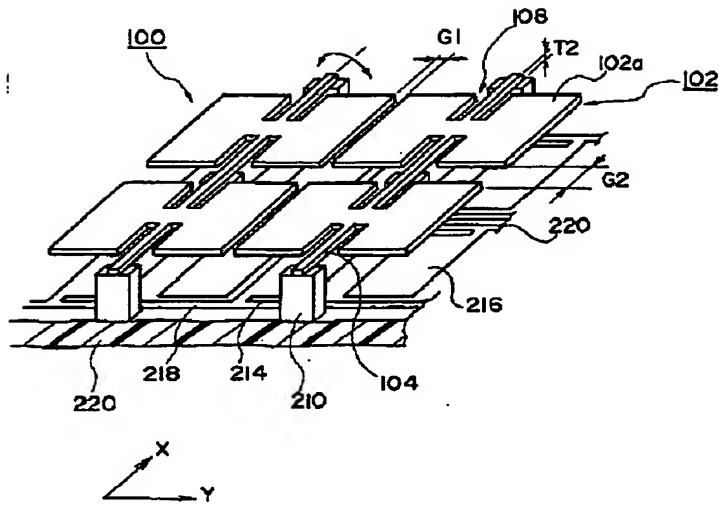
(B)



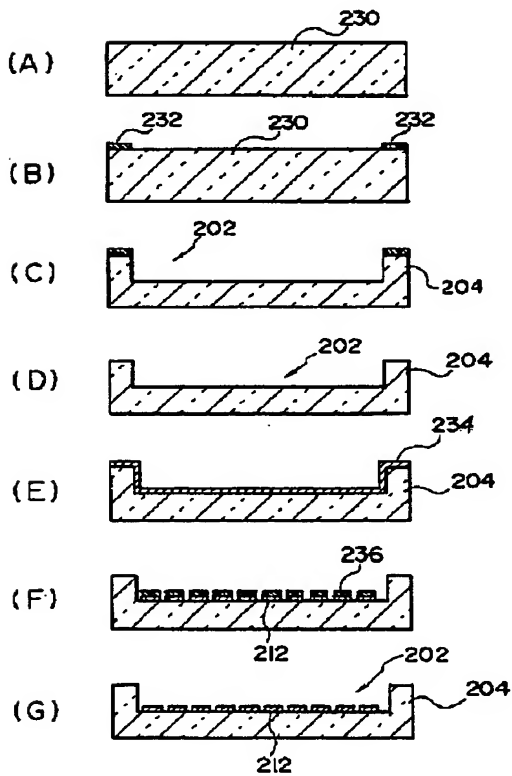
【図12】



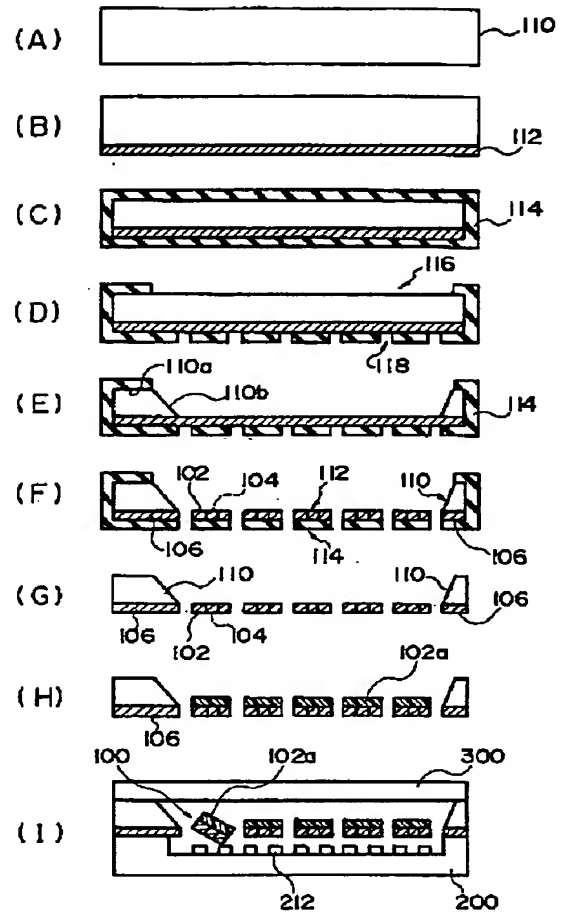
【図 2】



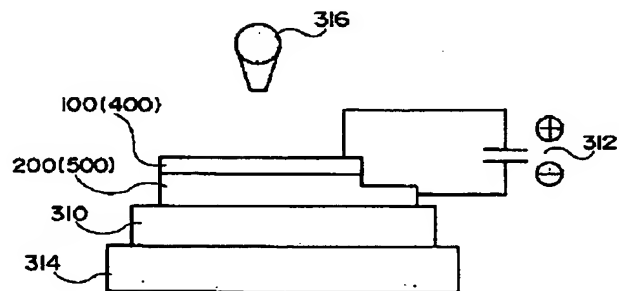
【図 5】



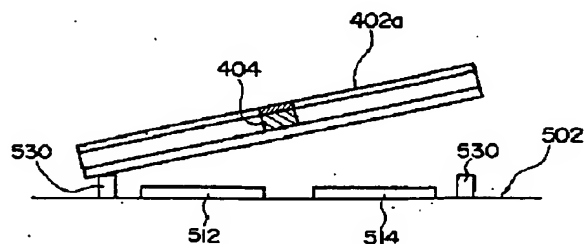
【図 4】



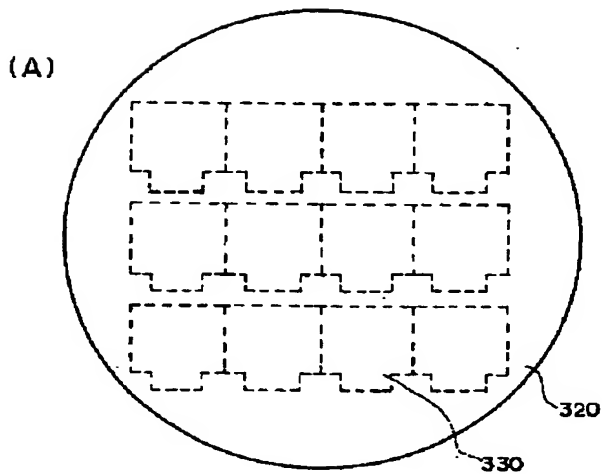
【図 6】



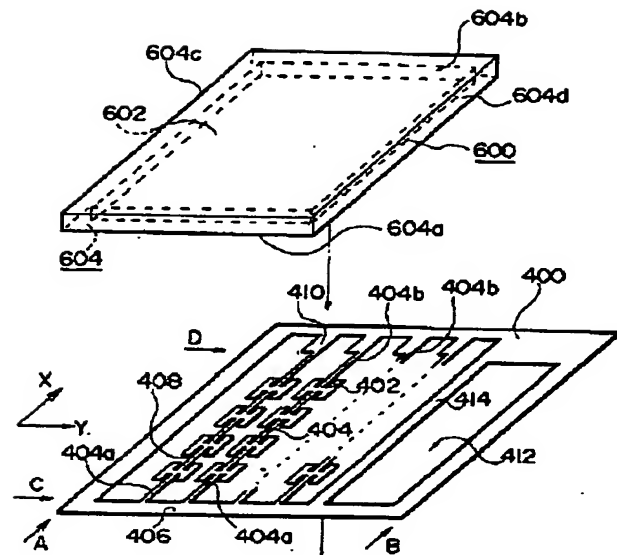
【図 14】



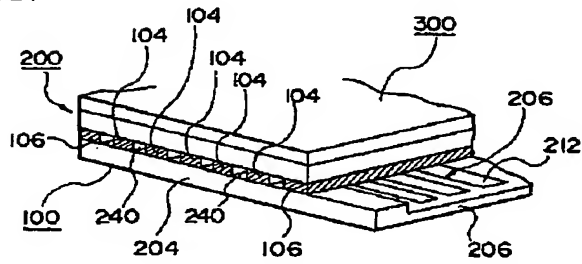
【図 7】



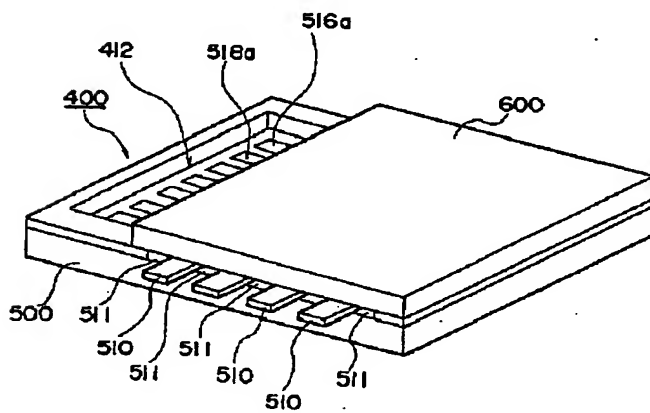
【図 8】



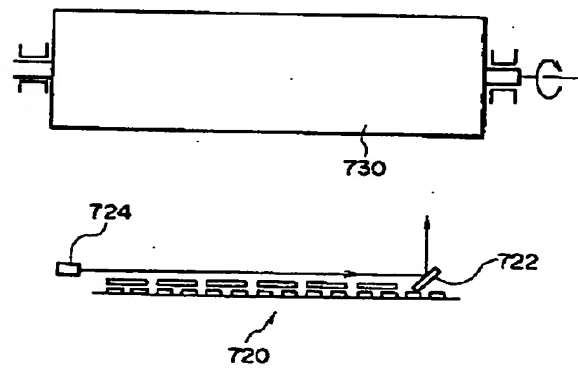
(B)



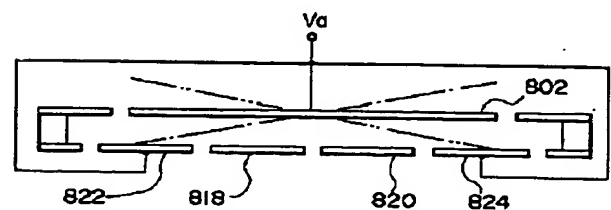
【図 9】



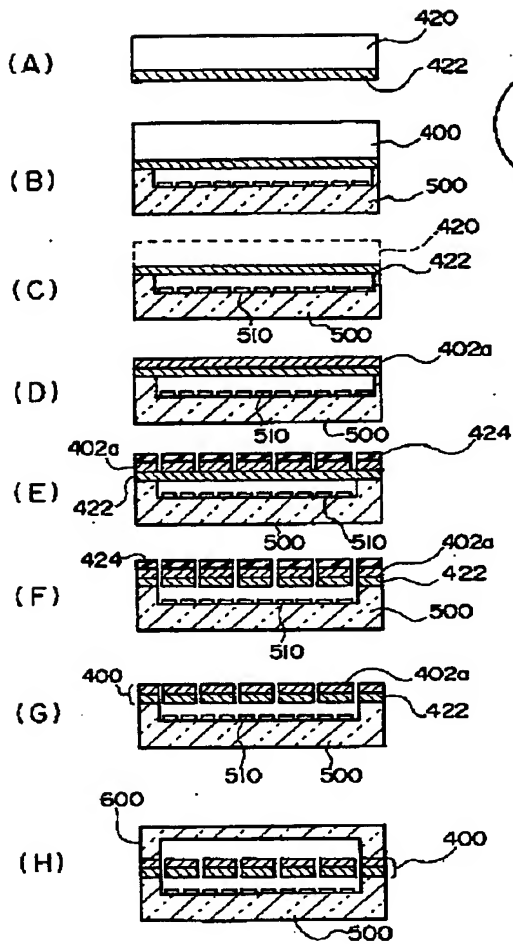
【図 18】



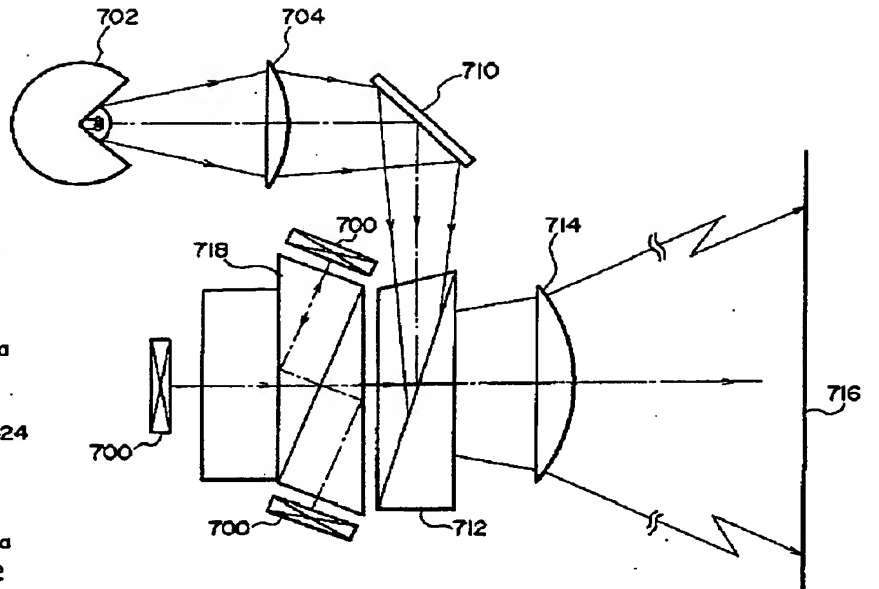
【図 23】



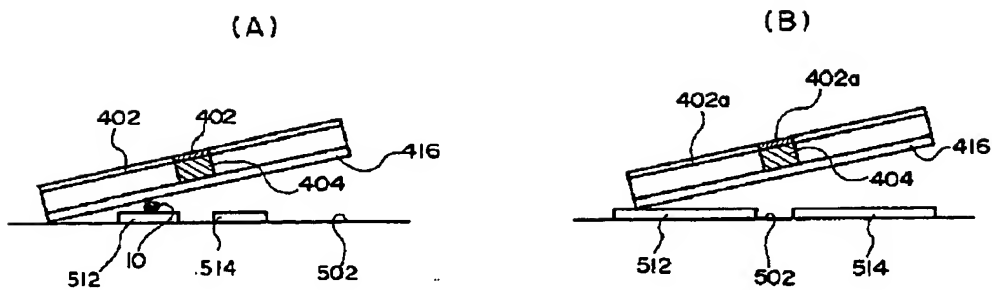
【図 10】



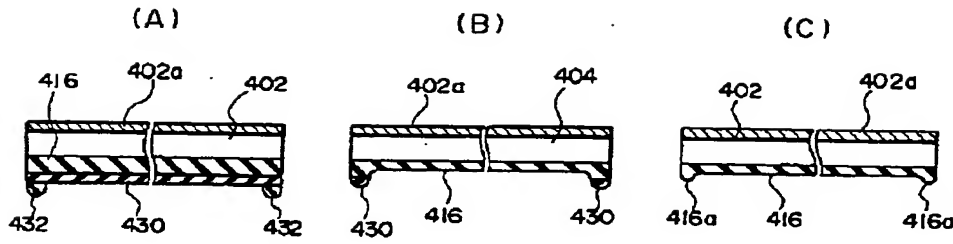
【図 17】



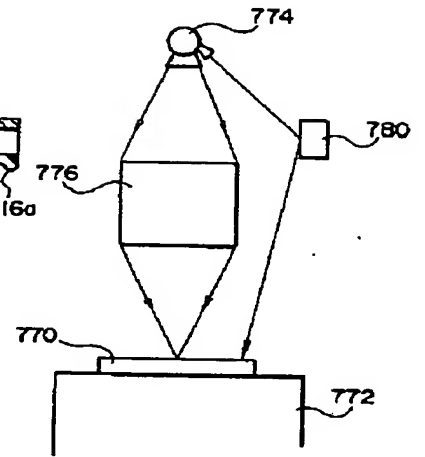
【図 11】



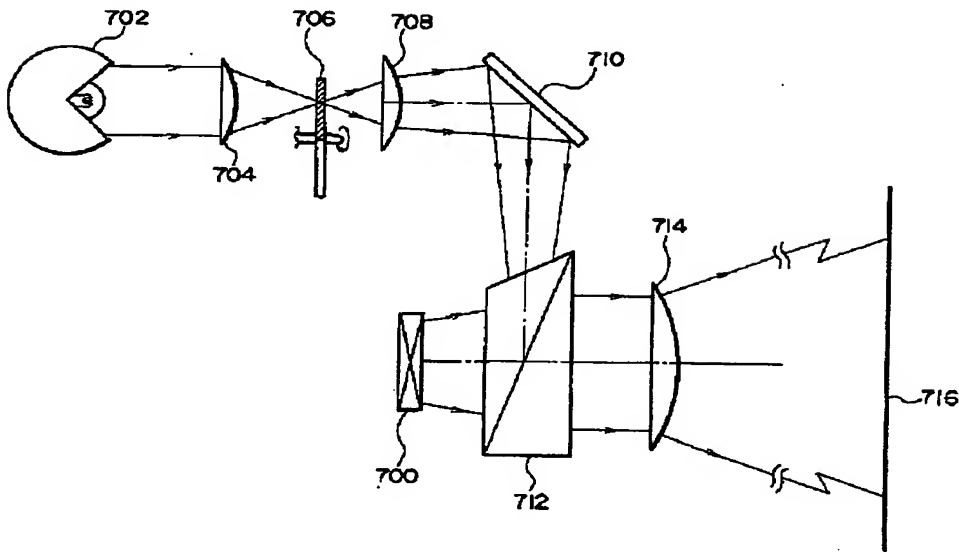
【図 13】



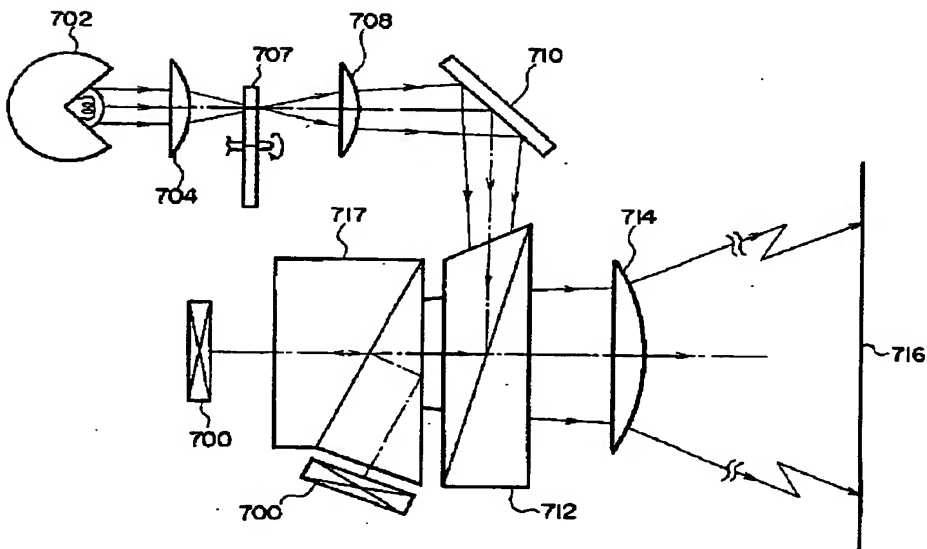
【図 21】



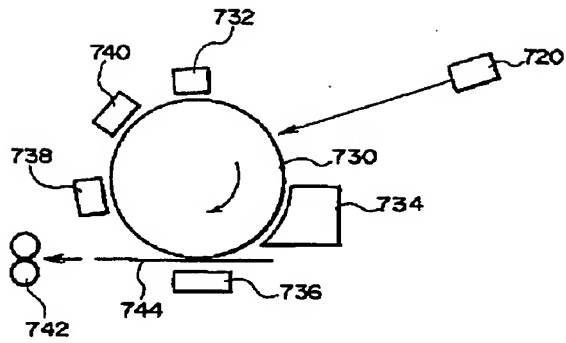
【図 15】



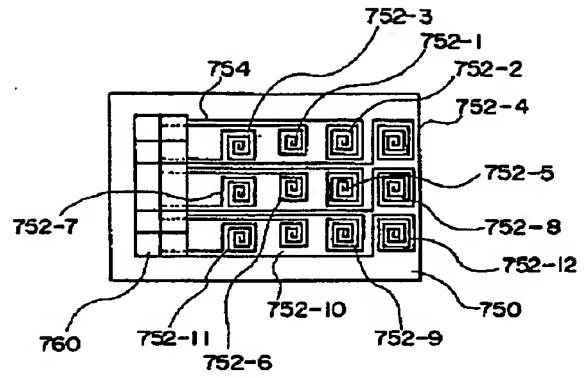
【図 16】



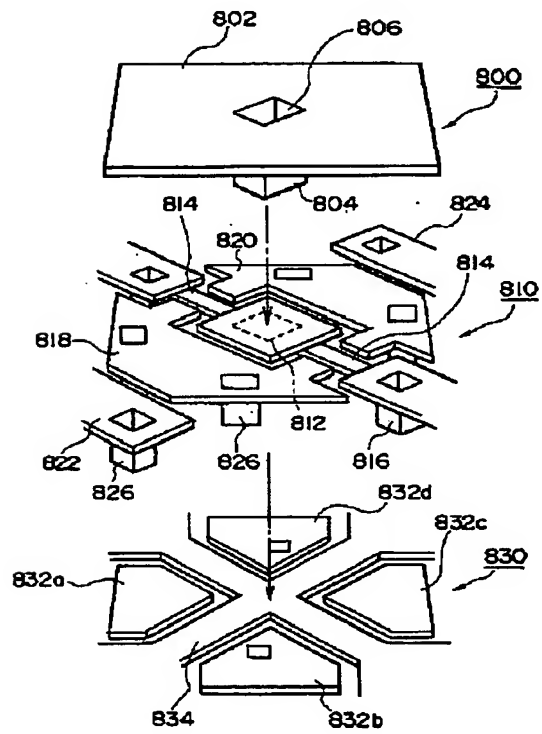
【図 19】



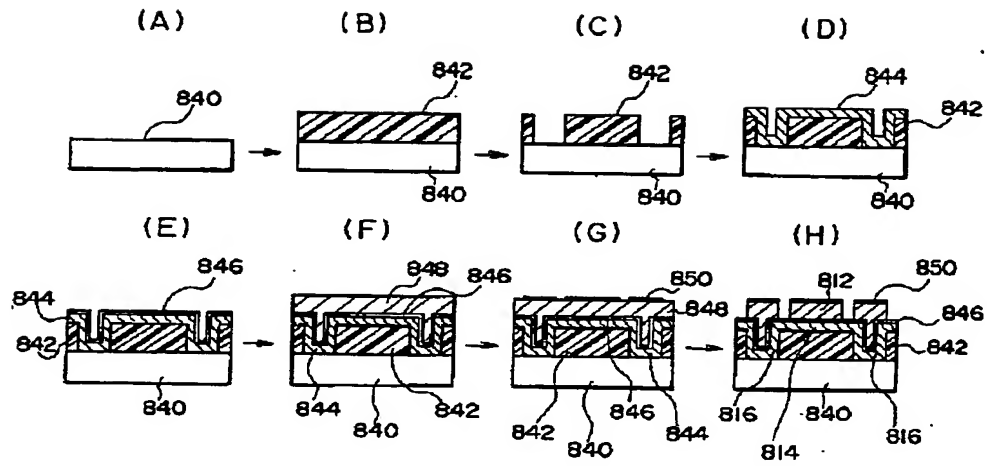
【図 20】



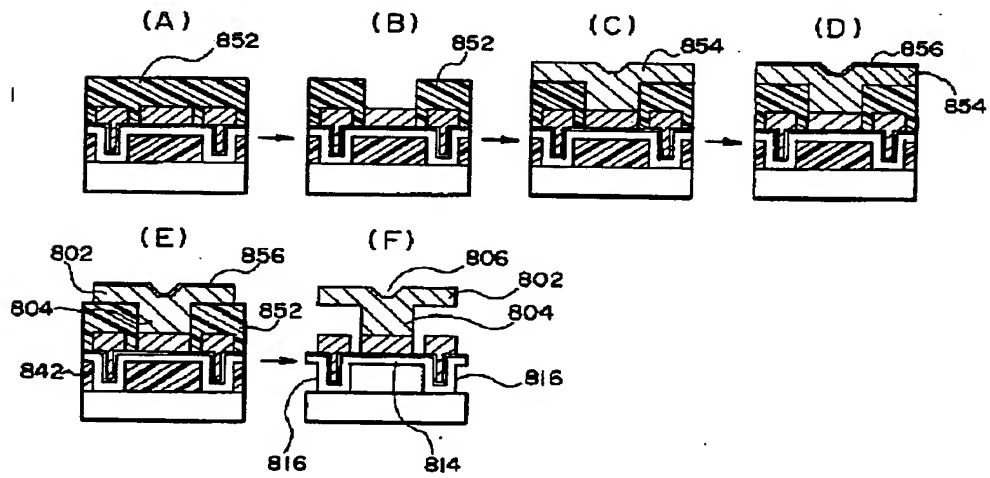
【図 22】



【図 2 4】



【図 2 5】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-159937

(43)Date of publication of application : 20.06.1997

(51)Int.Cl.

G02B 26/08

(21)Application number : 07-337877

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 01.12.1995

(72)Inventor : ATOBE MITSUAKI

KOEDA SHUJI

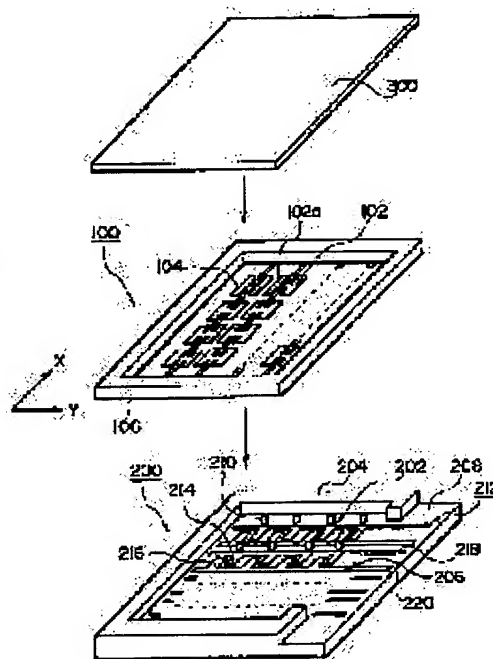
YOTSUYA SHINICHI

(54) OPTICAL MODULATING DEVICE AND ITS MANUFACTURE, AND ELECTRONIC EQUIPMENT USING SAME OPTICAL MODULATING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To equip the device with extremely small mirrors which can be manufactured at high yield.

SOLUTION: The optical modulating device is composed of a conductive silicon-made mirror substrate 100 and a glass-made electrode substrate 200 containing Na by anode connection. The silicon-made mirror substrate 100 has micromirrors 102 arranged in matrix, torsion bars 104 connecting the micromirrors 102 in an X direction, and a frame part 106 to which both ends of the torsion bars 104 are connected. The glass-made electrode substrate 200 has a recessed part 202 as its center area, a raised part 204 as its periphery, a column part 210 projecting in the recessed part 202, and electrodes 214 and 216 and wires 218 and 220 which are formed in the recessed part 202 and drive the micromirrors to slant. Both the ends of the torsion bars 104 and the frame part 106 are joined to the raised part 204 and the intermediate parts of the torsion bars 104 are joined to the column part 210. Both the ends of the torsion bars 104 are disconnected from the frame part 106 in dicing.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.09.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The manufacture method of the light modulation equipment characterized by providing the following. (a) Two or more minute mirrors arranged the shape of one line, and in the shape of a matrix. The torsion bar spring which connects the aforementioned minute mirror in ** on the other hand. The process which forms the conductive mirror substrate made from silicon which ****, and by which the reflecting layer was formed at least in one side of the aforementioned minute mirror. (b) The support section which it is in the crevice and the starting section of the circumference of a central field, and the aforementioned crevice, and the conductive layer was formed in each aforementioned minute mirror and the corresponding position, and was projected and formed from the aforementioned crevice in the one aforementioned direction in the position which corresponds between the aforementioned minute mirrors of two ***** with the electrode group which carries out the inclination drive of the aforementioned minute mirror by the Coulomb force.

[Claim 2] The process which the aforementioned (a) process dopes an impurity in a silicon substrate, and forms a dope layer in a claim 1, The process which carries out patterning of the 2nd mask for forming the minute mirror and the aforementioned torsion bar spring of the aforementioned plurality for the 1st mask for fenestration at other whole surface to the whole surface of the aforementioned SHIRINKO substrate, respectively, The process which *****s the aforementioned silicon substrate using the 1st mask of the above until the aforementioned dope layer is exposed, The process which *****s the aforementioned dope layer using the 2nd mask of the above, The process which removes the above 1st and the 2nd mask and forms the aforementioned minute mirror and a torsion bar spring by the aforementioned dope layer, The manufacture method of the light modulation equipment characterized by having the process which forms the aforementioned reflecting layer in one side of the aforementioned minute mirror of the aforementioned dope layer, and forming the aforementioned mirror substrate made from silicon.

[Claim 3] The claim 1 characterized by providing the following. The ends of the aforementioned torsion bar spring are connected, the aforementioned (a) process includes the process by which the frame surrounding the field where the aforementioned minute mirror is arranged is formed in the aforementioned mirror substrate made from silicon, and the aforementioned (c) process is the aforementioned frame of the aforementioned mirror substrate made from silicon, and the both ends of the aforementioned torsion bar spring. The process which separates the both ends of the aforementioned torsion bar spring from the aforementioned frame of the aforementioned mirror substrate made from silicon after the aforementioned (c) process including the process which joins the aforementioned starting section of the aforementioned electrode substrate.

[Claim 4] The process which the aforementioned (a) process dopes an impurity in a silicon substrate, and forms a dope layer in a claim 3, The process which carries out patterning of the 2nd mask for forming the minute mirror and aforementioned torsion bar spring and the aforementioned frame of the aforementioned plurality for the 1st mask for fenestration at other whole surface to the whole surface of the aforementioned SHIRINKO substrate, respectively, The process which *****s the aforementioned silicon substrate using the 1st mask of the above until the aforementioned dope layer is exposed, The process which *****s the aforementioned dope layer using the 2nd mask of the above, The process which removes the above 1st and the 2nd mask and forms the aforementioned minute mirror, a torsion bar spring, and a frame by the aforementioned dope layer, The manufacture method of the light modulation equipment characterized by having the process which forms the aforementioned reflecting layer in one side of the aforementioned minute mirror of the aforementioned dope layer, and forming the aforementioned mirror substrate made from silicon.

[Claim 5] The manufacture method of the light modulation equipment which equipped with two or more minute mirrors the shape of the shape of one line, and a matrix characterized by providing the following. (a) The crevice of a central field. The starting section of the circumference. The electrode group which it is [group] in the aforementioned

4

crevice, and a conductive layer is formed [group] in each aforementioned minute mirror and a corresponding position, and carries out the inclination drive of the aforementioned minute mirror by the Coulomb force. The support section projected and formed in the aforementioned crevice by Mukai on the other hand in the position which corresponds between the aforementioned minute mirrors of two *****.

[Claim 6] As for the aforementioned (e) process, the ends of the aforementioned torsion bar spring are connected in a claim 5. The frame joined to the aforementioned starting section in the position surrounding the field where the aforementioned minute mirror is arranged The manufacture method of the light modulation equipment characterized by establishing the process which separates the both ends of the aforementioned torsion bar spring from the aforementioned frame of the aforementioned mirror substrate made from silicon after the aforementioned (e) process including the process formed in the aforementioned mirror substrate made from silicon.

[Claim 7] It is the manufacture method of the light modulation equipment which the high impurity concentration of the aforementioned dope layer is three or more 1×10^{18} atm/cm in a claim 4 or either of 6, and is characterized by using the aforementioned dope layer as an etching stop layer at the time of etching of the aforementioned silicon substrate.

[Claim 8] It is the manufacture method of the light-modulation equipment which is formed in the glass electrode substrate in which the aforementioned electrode substrate has light-transmission nature in a claim 5 or 6, observes the position of the pattern of the aforementioned electrode group from the aforementioned glass electrode substrate side, and is characterized by the thing for etching of the aforementioned (e) process to do for mask pattern doubling operation on the basis of the putter position.

[Claim 9] It is the manufacture method of the light modulation equipment characterized by being formed in the glass electrode substrate in which the aforementioned electrode substrate contains alkali metal in a claim 1 or either of 8, and using an anode plate conjugation method as the aforementioned junction process.

[Claim 10] The manufacture method of the light modulation equipment which carries out the mask of the corresponding position to the aforementioned starting section and the support section in a claim 9, and is characterized by *****ing the glass plate containing alkali metal, resembling the process which forms the aforementioned crevice of the predetermined depth, and the process which forms the aforementioned electrode group in the base of the aforementioned crevice, and forming the aforementioned glass electrode substrate more.

[Claim 11] The manufacture method of the light modulation equipment characterized by having further the process which inspects whether the aforementioned electrode group is formed in a transparent electrode, and foreign matter mixing is between the aforementioned glass electrode substrate and the aforementioned mirror substrate made from silicon in a claim 8 or either of 10 from the aforementioned glass electrode substrate side.

[Claim 12] The manufacture method of the light modulation equipment characterized by having further the process which forms an insulator layer in the field side where the aforementioned minute mirror counters with the aforementioned electrode group in a claim 1 or either of 11.

[Claim 13] The manufacture method of the light modulation equipment characterized by forming the aforementioned insulator layer formed in the aforementioned minute mirror, and the front face of the aforementioned electrode county which counters in a split face in a claim 12.

[Claim 14] The manufacture method of the light modulation equipment which is on the aforementioned insulator layer and is characterized by having further the process which forms an insulating salient in the position distant from the aforementioned torsion bar spring in a claim 12.

[Claim 15] The manufacture method of the light modulation equipment characterized [top panel / of the aforementioned starting section and the aforementioned support section] by having further the process which projects in low height, is formed and forms the insulating stopper which determines an angle of inclination in contact with the aforementioned minute mirror at the time of an inclination drive from the base of the aforementioned crevice of the aforementioned electrode substrate in a claim 12.

[Claim 16] The manufacture method of the light modulation equipment which covers the aforementioned mirror substrate made from silicon, and is characterized by having further the process which joins a transparent covering substrate to the aforementioned minute mirror by which an inclination drive is carried out on the aforementioned mirror substrate made from silicon in the position in which it does not interfere in a claim 1 or either of 15.

[Claim 17] The conductive mirror substrate made from silicon by which the impurity was doped, and an electrode substrate are joined and unified. the aforementioned mirror substrate made from silicon It is arranged the shape of one line, and in the shape of a matrix, and has two or more minute mirrors by which the reflecting layer was formed in one side, and the torsion bar spring which connects the aforementioned minute mirror by Mukai on the other hand. the aforementioned electrode substrate The crevice and the starting section of the circumference of a central field, and the electrode group which it is [group] in the aforementioned crevice, is formed [group] in each aforementioned minute mirror and a corresponding position, and carries out the inclination drive of the aforementioned minute mirror by the

Coulomb force, The support section projected and formed in the aforementioned crevice in the one aforementioned direction in the position which corresponds between the aforementioned minute mirrors of two *****, Light modulation equipment characterized by ****(ing), and for the pars intermedia of the aforementioned torsion bar spring of the aforementioned mirror substrate made from silicon and the aforementioned support section of the aforementioned electrode substrate meeting at least, and joining the aforementioned mirror substrate made from silicon, and the aforementioned electrode substrate.

[Claim 18] It is light modulation equipment characterized by being formed in the glass electrode substrate in which the aforementioned electrode substrate contains alkali metal in a claim 17, and carrying out anode plate junction of the aforementioned glass electrode substrate and the aforementioned mirror substrate made from silicon.

[Claim 19] Light modulation equipment with which all the front faces of the reflecting layer formed on the aforementioned minute mirror are characterized by the thing in which an incident light is reflected with angle of reflection equal to an incident angle, and which is formed in respect of flat in a claim 17 or 18.

[Claim 20] Light modulation equipment characterized by forming the aforementioned electrode group in the transparent electrode in a claim 17 or either of 19.

[Claim 21] Light modulation equipment characterized by forming the insulator layer in the field side where the aforementioned minute mirror counters with the aforementioned electrode group in a claim 17 or either of 20.

[Claim 22] Light modulation equipment characterized by forming the aforementioned insulator layer formed in the aforementioned minute mirror, and the front face of the aforementioned electrode group which counters in a split face in a claim 21.

[Claim 23] Light modulation equipment characterized by preparing heights with a height of 200Å or more in the aforementioned front face of the aforementioned electrode group, and forming the aforementioned split face in a claim 22.

[Claim 24] Light modulation equipment which is on the aforementioned insulator layer and is characterized by forming the insulating salient in the position distant from the aforementioned torsion bar spring in a claim 21.

[Claim 25] Light modulation equipment characterized by having further the insulating stopper which projects, is formed from the base of the aforementioned crevice of the aforementioned glass electrode substrate in a claim 21 in height lower than the top panel of the aforementioned starting section and the aforementioned support section, and determines an angle of inclination in contact with the aforementioned minute mirror at the time of an inclination drive.

[Claim 26] Light modulation equipment which covers the aforementioned mirror substrate made from silicon, and is characterized by joining the transparent covering substrate to the aforementioned minute mirror by which an inclination drive is carried out on the aforementioned mirror substrate made from silicon in the position in which it does not interfere in a claim 17 or either of 25.

[Claim 27] Electronic equipment characterized by having light modulation equipment according to claim 17 to 26.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to light modulation equipment equipped with the minute mirror, and its manufacture method.

[0002]

Background Art and Problem(s) to be Solved by the Invention] This kind of light modulation equipment is indicated by JP,4-230722,A, 5-188308, 5-196880, etc. Moreover, such improvement structures are indicated by the Nikkei micro device March, 1994 issue as DMD (Digital Micromirror Device).

[0003] This DMD has the three-tiered structure which consists of the upper layer 800, an interlayer 810, and a lower layer 830, as shown in drawing 22.

[0004] The upper layer 800 has a mirror 802 and the mirror maintenance post 804 connected with the core inferior surface of tongue. A crevice 806 is formed in the mirror maintenance post 804 and the position which counters on the manufacture process of this mirror 802.

[0005] The interlayer 810 is supported possible [an inclination drive with the hinge 814 of both sides] for the mirror maintenance board 812 connected with the mirror maintenance post 804. In order to secure the inclination drive space of this mirror maintenance board 812, the hinge 814 has the hinge maintenance post 816 on the inferior surface of tongue.

[0006] It has the 1st and 2nd address electrode 818,820 on both sides whose hinges 814 this interlayer 810 pinched further, and is supported by the ***** [it] maintenance post 826. Furthermore, on the outside, it has the 1st mirror contact electrode 822 and the 2nd mirror contact electrode 824, and is supported by the electrode maintenance post 826 on it, respectively.

[0007] The lower layer 830 has four electrodes 832a-832d with which the electrode maintenance post 826 of the 1st and 2nd address electrode 818 and 820 is connected, and the common electrode 834 with which the 1st and the 2nd contact electrode 822 and 824 are connected.

[0008] As this DMD is shown in drawing 23, bias voltage Va is impressed to the mirror 802 and the 1st, and 2nd mirror contact electrode 822,824. And by impressing minus voltage, for example to the 1st address electrode 818, and impressing plus voltage to the 2nd address electrode 820, a Coulomb force can act between a mirror 802 and the 1st address electrode 818, and the inclination drive of the mirror 802 can be changed into the state of the alternate long and short dash line of drawing 23. By reversing the polarity of the voltage impressed to the 1st and 2nd address electrode 818,820, as shown in the two-dot chain line of drawing 23, an inclination drive can be carried out.

[0009] And it considers as ON drive in which light is reflected towards a predetermined position in the inclination state of the mirror 802 shown in the alternate long and short dash line of drawing 23, and is set [that light was reflected in the different direction from a predetermined position] to OFF in the inclination state shown in a two-dot chain line.

And 256 gradation displays are possible by changing the switching time.

[0010] It is surmised that DMD shown in drawing 22 can be manufactured according to the manufacture process shown in drawing 24 and drawing 25. Drawing 24 shows the process which forms an interlayer 810 on the lower layer 830 formed beforehand, and drawing 25 shows the process which forms the upper layer 800 on the interlayer 810, and forms space between each class.

[0011] As shown in drawing 24, the substrate 840 in which SRAM was formed as a lower layer 830 is prepared. Next, a resist 842 is applied on this substrate 840, and the hinge maintenance post 816 and the electrode maintenance post 826, and patterning that forms a corresponding pattern are performed at the process of this drawing (C) drawing 24 (B) So that it may be shown.

[0012] Next, as shown in drawing 24 (D), the vacuum evaporation of the aluminum (aluminum) film 844 is carried

out to the front face and the trench section of a resist 842, and as further shown in this drawing (E), the aluminum oxide film 846 is formed in the front face.

[0013] Furthermore, after the vacuum evaporation of the aluminum film 848 shown in drawing 24 (F), as shown in this drawing (G), patterning of the resist 850 is applied and carried out. Then, as shown in drawing 24 (H), the mirror maintenance board 812, a hinge 814, and the hinge maintenance post 816 are formed by *****ing the aluminum film 848.

[0014] Next, the upper layer 800 is formed according to the process shown in drawing 25 . For this reason, as shown in drawing 25 (A), a resist 852 is applied thickly, and patterning is performed as shown in this drawing (B). Furthermore, after carrying out the vacuum evaporation of the aluminum (aluminum) film 854 and forming the aluminum oxide film 856 in a part of the front face, a mirror 802 and the mirror maintenance post 804 are formed by removing the aluminum film 854 of an edge by etching (refer to drawing 26 (C) - (E)).

[0015] Finally, as shown in drawing 25 (F), by removing resists 842 and 852, space is formed between the upper layer 800 and an interlayer 810, and space is formed between an interlayer 810 and a lower layer 830.

[0016] However, there is a problem that the high yield of DMD cannot be taken, in the above-mentioned process. One of the cause of the is because it was dependent on the thickness of the resist 852 in the resist process used as the factor which determines the degree of tilt angle of a mirror 802 which shows a setup of the distance between the undersurface of a mirror 802, and the mirror contact electrode 822,824 to drawing 25 (A).

[0017] usually, it is difficult to form this kind of resist by the spin coating method, and to even raise the homogeneity of resist thickness -- furthermore, it becomes very difficult technology to set the thickness of a resist 852 as constant value by the spin coating method

[0018] Moreover, it is difficult to secure even the homogeneity within a field of the resist film, furthermore it is almost so impossible that wafer area becomes large by the conventional spin coating method with the semiconductor wafer of diameter[of a large quantity]-izing to make thickness of a resist film into constant value. Therefore, it is difficult to form many elements from one semiconductor wafer simultaneously, and a throughput also falls.

[0019] In the resist removal process shown in drawing 25 (F), other one of the above-mentioned problems is the lower part of a mirror 802 or a hinge 814, and it is that it is difficult to remove completely the resist of the field which extended far back with a bird clapper. If such a foreign matter remained, a mirror 802 and the address electrode 818,820 will short-circuit, the variation rate of a mirror will be barred, or the mirror contact electrode 822,824 and the address electrode 818,820 will short-circuit.

[0020] Other problems of DMD of the above-mentioned structure are that a crevice 806 will be formed in the central field of a mirror 802. In aluminum vacuum evaporation process of drawing 25 (C), if the vacuum evaporation of the aluminum is carried out to a trench portion, that this trench and the position which counters surely become depressed, originate in this, and a crevice 806 is generated cannot prevent.

[0021] In DMD of this three-tiered structure, since a hinge 814 does not exist in a mirror 802 and a coplanar, the effective-area product of a mirror 802 increases and it is making for an optical utilization factor to increase into the effect.

[0022] However, if a crevice 806 is formed in the center of the mirror 802 of this extensive area and such a crevice 806 exists on an optical axis with strong optical intensity, an optical utilization factor will fall on the contrary by the scattered reflection. Or the problem that it will be inputted as information whose light reflected irregularly is other pixels, and quality of image deteriorates is also pointed out. Moreover, though the side attachment wall of a crevice 806 is able to process it perpendicularly, an optical deployment area decreases.

[0023] Then, place made into the purpose of this invention It is in offering light modulation equipment equipped with the minute mirror which can be manufactured in the high yield, and its manufacture method.

[0024] Other purposes of this invention are to offer light modulation equipment equipped with the minute mirror which can perform exact light modulation control, and its manufacture method, without a scattered reflection arising on a minute mirror side.

[0025]

[Means for Solving the Problem] this invention method joins the conductive mirror substrate made from silicon and a conductive electrode substrate, and is manufacturing the light modulation equipment which has a minute mirror. Here, the ends of two or more minute mirrors arranged the shape of one line and in the shape of a matrix, the torsion bar spring which connects the aforementioned minute mirror in ** on the other hand, and the aforementioned torsion bar spring are connected, the conductive mirror substrate made from silicon has **, and the reflecting layer is formed in one side of the aforementioned minute mirror at least.

[0026] It is in the crevice and the starting section of the circumference of a central field, and the aforementioned crevice, a conductive layer is formed in each aforementioned minute mirror and a corresponding position, and the

aforementioned electrode substrate has the electrode group which carries out the inclination drive of the aforementioned minute mirror by the Coulomb force, and the support section projected and formed from the aforementioned crevice in the one aforementioned direction in the position which corresponds between the aforementioned minute mirrors of two *****.

[0027] The pars intermedia of the aforementioned torsion bar spring of the aforementioned mirror substrate made from silicon and the aforementioned support section of the aforementioned electrode substrate are made to meet at least at the process which joins the aforementioned mirror substrate made from silicon, and the aforementioned electrode substrate.

[0028] If it carries out like this and the depth of the crevice beforehand formed in a glass electrode substrate will be formed with a sufficient precision, the deflection angle of a minute mirror can be correctly set up by lot-to-lot. Moreover, the reflecting layer formed in the front face of a minute mirror can also be made flat, and it can form in a field without a scattered reflection.

[0029] In the case of the glass electrode substrate in which an electrode substrate contains alkali metal, such as Na, especially, both substrates are joinable with anode plate junction. If it carries out like this, since a glue line etc. will not be required between substrates, the deflection angle of a minute mirror can be set more as accuracy by lot-to-lot.

[0030] In addition, not only anode plate junction but direct junction, eutectic bonding, etc. are sufficient as this junction method, and it mentions a detail later about each junction method. Moreover, as the quality of the material of an electrode substrate, when a junction process is performed under heating, it is desirable that silicon and a coefficient of thermal expansion are near.

[0031] The frame with which the both ends of a torsion bar spring were connected can also be formed in the aforementioned mirror substrate made from silicon. In this case, the both ends and frame of a torsion bar spring are joined to an electrode eccentric person's starting section. And the process which separates the both ends of a torsion bar spring from a frame after this junction is carried out.

[0032] If it carries out like this, since the mutual physical relationship of two or more torsion bar springs is maintained by the frame, even if it does not position one at a time, it maintains mutual physical relationship and can join it to an electrode substrate.

[0033] The aforementioned (a) process which manufactures the mirror substrate made from silicon here The 1st mask for aperture formation on the process which dopes an impurity and forms a dope layer into a silicon substrate, and the whole surface of the aforementioned silicon substrate The process which carries out patterning of the 2nd mask for forming the minute mirror and the aforementioned torsion bar spring of the aforementioned plurality in other whole surface, respectively, The process which *****s the aforementioned silicon substrate using the 1st mask of the above until the aforementioned dope layer is exposed, The process which *****s the aforementioned dope layer using the 2nd mask of the above, The above 1st and the 2nd mask are removed, and the process which forms the aforementioned minute mirror and a torsion bar spring by the aforementioned dope layer, and the process which forms the aforementioned reflecting layer in one side of the aforementioned minute mirror of the aforementioned dope layer can be had and carried out.

[0034] According to other modes of this invention method, junction to an electrode substrate is carried out in the state of the silicon substrate before the mirror substrate made from silicon is completed.

[0035] It is in the crevice and the starting section of the circumference of a central field, and the aforementioned crevice, a conductive layer is formed in each aforementioned minute mirror and a corresponding position, and an electrode substrate has the electrode group which carries out the inclination drive of the aforementioned minute mirror by the Coulomb force, and the support section projected and formed from the crevice by Mukai on the other hand in the position which corresponds between the aforementioned minute mirrors of two *****.

[0036] The silicon substrate which has the dope layer in which the impurity was doped by one side is joined to this. At this time, the support section of the aforementioned electrode substrate is made to meet the aforementioned dope layer at least, and it joins.

[0037] At this process, since it is before a minute mirror etc. is formed, the alignment at the time of junction becomes easy.

[0038] Then, it leaves only a dope layer, and it *****s, a silicon substrate is removed, and a reflecting layer is formed in the front face of the dope layer.

[0039] Then, the etching process of a dope layer is carried out. At this time, two or more aforementioned minute mirrors are formed in the aforementioned electrode group and the position which counters. Moreover, the torsion bar spring which connected the aforementioned minute mirror by Mukai on the other hand, and was joined to the aforementioned support section between the aforementioned minute mirrors of two ***** in this one direction is formed.

[0040] If physical relationship with the electrode county beforehand formed in the electrode substrate at the time of patterning for this etching process is taken into consideration, a minute mirror can be formed with high degree of accuracy with the precision of a photolithography processes.

[0041] By this method, since a minute mirror etc. can moreover be formed after junction, the substrate alignment at the time of junction is easy, and it is high-density, and when arranging a minute mirror, it is suitable.

[0042] In addition, an anode plate conjugation method can be adopted also in the above-mentioned method, and a frame may be formed in the mirror substrate made from silicon.

[0043] the case where it is high-density and a minute mirror is arranged -- an electrode substrate -- a transparent glass substrate -- carrying out -- the position of the pattern of the glass electrode substrate side to the aforementioned electrode group -- observing -- criteria [position / putter / the] -- carrying out -- the mask pattern doubling operation for etching of the aforementioned electrode substrate made from silicon -- to carry out is good

[0044] In above-mentioned all directions method invention, if high impurity concentration of the aforementioned dope layer is made into three or more 1×10^{18} atm/cm, the aforementioned dope layer can be used as an etching stop layer at the time of etching of the aforementioned silicon substrate.

[0045] Moreover, it is good to have the process which carries out the mask of the corresponding position to the aforementioned starting section and the support section as a process which forms the aforementioned glass electrode substrate, *****s the glass plate containing alkali metal, and forms the aforementioned crevice of the predetermined depth, and the process which forms the aforementioned electrode group in the base of the aforementioned crevice. In this case, it is made dependent on the conditions of etching and the depth of the crevice which influences the deflection angle of a minute mirror can be formed.

[0046] It can have further the process which inspects whether the aforementioned electrode group is formed by the transparent electrode (indium teens oxide), for example, ITO, and foreign matter mixing is between the aforementioned glass electrode substrates and the aforementioned mirror substrates made from silicon which are joined from the aforementioned glass electrode substrate side. If it carries out before joining this inspection, even if the yield will improve and it will carry out after junction, the poor cause of foreign matter mixing becomes clear easily.

[0047] It can have further the process which covers the aforementioned mirror substrate made from silicon, and joins a transparent covering substrate to the minute mirror by which an inclination drive is carried out on the aforementioned mirror substrate made from silicon in the position in which it does not interfere.

[0048] By this transparent covering substrate, mixing of the foreign matter which bars the inclination drive of a minute mirror is prevented, and an element can be protected.

[0049] The conductive mirror substrate made from silicon by which the impurity was doped, and an electrode substrate are joined, and this invention equipment is unified. the aforementioned mirror substrate made from silicon It is arranged the shape of one line, and in the shape of a matrix, and has two or more minute mirrors by which the reflecting layer was formed in one side, and the torsion bar spring which connects the aforementioned minute mirror by Mukai on the other hand. the aforementioned electrode substrate The crevice and the starting section of the circumference of a central field, and the electrode group which it is [group] in the aforementioned crevice, is formed [group] in each aforementioned minute mirror and a corresponding position, and carries out the inclination drive of the aforementioned minute mirror by the Coulomb force, The support section projected and formed from the crevice in the one aforementioned direction in the position which corresponds between the aforementioned minute mirrors of two *****, It is characterized by ****(ing), and for the pars intermedia of the aforementioned torsion bar spring of the aforementioned mirror substrate made from silicon and the aforementioned support section of the aforementioned electrode substrate meeting at least, and joining the aforementioned mirror substrate made from silicon, and the aforementioned electrode substrate. This junction is also performed by anode plate junction, direct junction, or eutectic bonding.

[0050] Here, all the front faces of the reflecting layer formed on the aforementioned minute mirror are formed in a flat side. Thereby, an incident light can be reflected with angle of reflection equal to an incident angle.

[0051] As for the aforementioned electrode group, it is desirable to be formed by the transparent electrode (indium teens oxide), for example, ITO. It is because it sees through from a glass electrode substrate and the poor cause of foreign matter mixing between an electrode county and a minute mirror becomes clear easily.

[0052] It is good for the aforementioned minute mirror to form an insulator layer in the aforementioned electrode group and field side where it counters. If it carries out like this, even if there is mixing of a foreign matter, the serious state of saying that it is short between a minute mirror and an electrode county is avoidable.

[0053] It is still better to form the front face of the aforementioned insulator layer formed in the aforementioned minute mirror and the aforementioned electrode group which counters in a split face. The touch area of an insulator layer and an electrode group decreases, and the ball up to the electrode group of the minute mirror resulting from electrification

of an insulator layer can be prevented:

[0054] It is desirable that heights with a height of 200A or more are prepared in the aforementioned front face of the aforementioned electrode group, and the aforementioned split face forms. Thereby, the surface roughness which can prevent the ball up of a minute mirror and an electrode group is securable. In addition, the upper limit of the height of these heights is $G/3$ or less, when a gap a minute mirror in case a minute mirror is in a state parallel to an electrode group, and electrode between groups is set to G . Thereby, the deflection angle of the minute mirror needed on a function is secured at worst.

[0055] In order to prevent the ball up of this minute mirror, it is on the aforementioned insulator layer and an insulating salient may be formed in the position distant from the aforementioned torsion bar spring.

[0056] As a cure of further others which prevents the ball up of this minute mirror, from the base of the aforementioned crevice of the aforementioned glass electrode substrate, it is projected and formed in height lower than the top panel of the aforementioned starting section and the aforementioned support section, and the insulating stopper which determines an angle of inclination in contact with the aforementioned minute mirror at the time of an inclination drive can also be formed.

[0057] Various electronic equipment can be constituted using the light modulation equipment of this invention.

[0058] For example, the light by which outgoing radiation was carried out from the projection lamp and the aforementioned projection lamp is reflected, respectively by the inclination drive of two or more minute mirrors arranged for every pixel, the light modulation equipment made into the reflected light modulated for every pixel and the projection lens which turns the reflected light from the aforementioned light modulation equipment to a screen, and carries out expansion projection are resembled, and a projector can be constituted more.

[0059] Or the photo conductor with which a latent image is formed and the laser beam from a laser light source The light modulation equipment which is reflected one by one by the inclination drive of two or more minute mirrors arranged in the shape of an array, turns and carries out outgoing radiation of the reflected light modulated while scanning to Mukai on the other hand to the aforementioned photo conductor, and forms the aforementioned latent image, The developer which develops the latent image formed in the aforementioned photo conductor, and the imprint equipment which imprints the development on the aforementioned photo conductor on a record medium are resembled, and electrophotography equipment can be constituted more.

[0060] Furthermore, induced voltage has the circuit pattern which connects the electrode group of two or more induction coils set up arbitrarily, light modulation equipment, and the each aforementioned induction coil and the aforementioned light modulation equipment, can carry out the inclination drive of two or more aforementioned minute mirrors based on the induced voltage produced with each aforementioned induction coil, respectively, and can constitute the optical-switch equipment which generates a desired lightwave signal by the reflected light in the aforementioned minute mirror.

[0061] Furthermore, outgoing radiation of the light from the source of exposure is carried out to the exposed body through a mask, the light from the aforementioned source of exposure is reflected by each minute mirror in the aligner which exposes the aforementioned exposed body, and the light modulation equipment which carries out outgoing radiation of the modulated light to the aforementioned exposed body may be formed.

[0062] If it carries out like this, ID information, such as a lot number, is recordable on the exposed bodies, such as a semiconductor wafer, using an exposure process.

[0063]

[Embodiments of the Invention] The example of the light modulation equipment hereafter equipped with the minute mirror concerning this invention and its manufacture method is explained with reference to a drawing.

[0064] (The 1st example)

The structure explanatory drawing 1 of light modulation equipment is an assembly decomposition perspective diagram showing the main components of the light modulation equipment concerning the 1st example. In this drawing, this light modulation equipment is divided roughly and consists of a mirror substrate 100 made from silicon, a glass electrode substrate 200, and a cover glass substrate 300.

[0065] The mirror substrate 100 made from silicon has two or more minute mirrors 102 arranged on the matrix. The minute mirror 102 arranged along with Mukai of X, for example, the direction of drawing 1, among two or more of these minute mirrors 102 on the other hand is connected by the torsion bar spring 104. Furthermore, the field where two or more minute mirrors 102 are arranged is surrounded, and the frame 106 is formed. This frame 106 is connected with the ends of two or more torsion bar springs 104.

[0066] The slit 108 is formed in the circumference of a joining segment with a torsion bar spring 104 so that this minute mirror 102 may be expanded to drawing 2 and may be shown. By forming this slit 108, the inclination drive of the minute mirror 102 to the direction of an arrow shown in drawing 2 is made easy. Furthermore, reflecting layer 102a

is formed in the front face of the minute mirror 102. And the reflective direction of the light which carries out incidence to this minute mirror 102 by the inclination drive of the minute mirror 102 being carried out by the drive mentioned later changes. And it is made to modulate light by controlling the time in which light is reflected towards the predetermined reflective direction.

[0067] In addition, the various sizes of the minute mirror 102 shown in drawing 2 and drawing 3 (A), and (B) and a torsion bar spring 104 are as follows.

[0068]

The minimum value Maximum Mirror width of face W1 10micro 100micro Mirror length L1 10micro 100micro Mirror thickness T1 1micro 5micro Torsion-bar-spring width of face W2 1micro 5micro Torsion-bar-spring thickness T2 0.5micro 5micro Torsion-bar-spring length L2 5micro 20micro Crevice depth H 0.5micro 20micro Deflection angle theta The glass electrode substrate 200 shown in **5 **20-degree drawing 1 has a crevice 202 to a central field, is started to the circumference and has the section 204. One side of the starting section 204 cuts and lacks, and is made into electrode output port 206, and electrode extraction Itabe 208 who follows a crevice 202 is formed in the outside of this electrode output port 206.

[0069] It is projected and formed in the crevice 202 of this glass electrode substrate 200 from a crevice 202 in the torsion bar spring 104 between two minute mirrors 202 which adjoin each other in the direction of X, and the position which counters, and has the support section 210 of a large number which have the same height as the top panel of the starting section 204.

[0070] Furthermore, the circuit pattern section 212 is formed on the crevice 202 of the glass electrode substrate 200, and electrode extraction Itabe 208. This circuit pattern section 212 has the 1st and 2nd address electrode 214,216, respectively in the rear face of the minute mirror 102 of the both sides whose torsion bar springs 104 were pinched, and the position which counters, as shown in drawing 2. And common connection of the 1st address electrode 214 arranged along the direction of Y is made at the 1st common wiring 218. Similarly, common connection of the 2nd address electrode 216 arranged along the direction of Y is made at the 2nd common wiring 220.

[0071] On the glass electrode substrate 200 which has the above-mentioned structure, as it is shown in drawing 1, anode plate junction of the mirror substrate 100 made from silicon is carried out. At this time, the both ends of the torsion bar spring 104 of the mirror substrate 100 made from silicon and a frame 106, and the starting section 204 of the glass electrode substrate 200 are joined. Furthermore, anode plate junction of the pars intermedia of the torsion bar spring 104 of the mirror substrate 100 made from silicon and the support section 210 of the glass electrode substrate 200 is carried out. Furthermore, the cover glass substrate 300 is joined on the frame 106 of the mirror substrate 100 made from silicon after that. And the dicing of the both ends of each torsion bar spring 104 connected with the frame 106 is carried out in the position separated from a frame 106. Furthermore, closure sealing of the periphery section which contains in the starting section 204 of the glass electrode substrate 200 the electrode output port 206 by which notching formation was carried out is carried out with a sealing agent, and the light modulation equipment concerning the 1st example is completed. Here, if the interior of light modulation equipment is made into a vacuum by various methods, there will be little resistance at the time of the drive of a minute mirror, and the rapidity of response operation and the fall of power consumption will be achieved at it.

[0072] In the case of ON inclination drive of the explanation minute mirror 102 of a light modulation drive principle, it energizes simultaneously through a torsion bar spring 104 to two or more minute mirrors 102 arranged along the direction of X shown in drawing 1. the 1st and 2nd address electrode 214 and 216 shown in this, simultaneously drawing 1 on the other hand -- a lot -- carrying out -- a dot order -- ON inclination drive of the minute mirror 102 arranged in the shape of a matrix by driving, turning the torsion bar spring 104 energized in the direction of Y of drawing 1, and choosing it one by one by the degree or line sequential can be carried out in a predetermined cycle

[0073] What is necessary is on the other hand, just to make contrary to the time of ON inclination drive polarity of the voltage which joins the 1st and 2nd address electrode 214,216, in order to carry out the OFF inclination drive of the minute mirror 102. Thereby, the inclination drive of the minute mirror 102 is carried out in the direction contrary to the time of ON inclination drive.

[0074] The manufacture method of the light modulation equipment concerning the 1st example of explanation of the manufacture method of light modulation equipment is explained with reference to drawing 4 and drawing 5. First, the manufacture process of the mirror substrate 100 made from silicon is explained.

[0075] (I) ***** of the silicon substrate which has the manufacture process (1) dope layer of the mirror substrate 100 made from silicon forms the dope layer 112 shown in drawing 4 (B) in one side of the silicon substrate 110 shown in drawing 4 (A) at this process. For this reason, for example, boron dope material is applied by the spin coating method on a silicon substrate 110. that by which this boron dope material mixed B-2 O3 into the organic solvent -- it is -- for example, Tokyo -- PBF of Adaptation can be used At this time, the thickness of boron dope material can be adjusted

depending on the viscosity of the spin rotation conditions of a silicon substrate 110, and boron dope material.

[0076] At this example, viscosity of boron dope material was able to be set to 50-100cp, and the thickness of boron dope material was able to be changed in 0.5-5.0 micrometers by changing spin rotation conditions.

[0077] It is good to heat for 20 - 40 minutes at 100-180 degrees C with a heating furnace, and to evaporate the solvent in boron dope material after spin coating of this boron dope material. At this example, BEKU during 30 minutes was performed at 140 degrees C. Furthermore, it calcinates at a 400-800-degree C oxygen atmosphere furnace for 1 to 2 hours, and a binder is removed. At this example, baking of 1 hour was performed at 600 degrees C. As for a subsequent thermal diffusion process, thermal diffusion is performed [in nitrogen-gas-atmosphere mind] over 10 hours from 4 hours at 800-1200 degrees C. At this example, the thermal diffusion process was carried out at 1100 degrees C for 6 hours.

[0078] Consequently, thermal diffusion of the boron in boron dope material (B) was carried out to the interior of a silicon substrate 110, and it was able to form in the undersurface of a silicon substrate 110 the boron dope layer 112 shown in drawing 4 (B). The 2-3-micrometer boron dope layer 112 was able to be formed by being able to adjust the thickness of the boron dope layer 112 and performing thermal diffusion processing over 6 hours by the temperature and the processing time in this thermal diffusion process, at this example at 1000 degrees C.

[0079] As for the boron concentration in the boron dope 112, at this time, it is desirable that they are three or more 1×10^{18} atm/cm preferably. If it carries out like this, in the etching process of a silicon substrate 110 mentioned later, this boron dope layer 112 can be operated as an etching stop layer.

[0080] In order to form a boron dope layer, a boron diffusion board method is also employable. At this time, the boron plus board (tradename) for example, by the TEKUNE glass company is made to counter, and the field which wants to carry out the boron dope of the silicon substrate is arranged. As for the interval between both, it is still more preferably good to be referred to as 2.0-3.0mm 0.5-4.0mm. having maintained this opposite arrangement relation -- a heating furnace -- 800-1200 degrees C, for example, 1100 degrees C, -- the nitrogen flow rate of 3-8l. / min, for example, 6l. / min, -- 1:00 - 6 hours -- for example, you may carry out a thermal diffusion process over 2 hours

[0081] As a method of further others, you may adopt ion-implantation. The acceleration energy at this time is 20-50keV, and optimum values are 35keV(s). Moreover, 2×10^{18} to 8×10^{18} pieces are suitable for the dose which shows the number of acceleration electrons, and they are 4×10^{18} pieces desirably. Furthermore, 1.5-4.5mA is suitable for the beam current, and it is 3.0mA desirably. When ion implantation was performed on these conditions, the 0.5-4-micrometer boron dope layer has been formed.

[0082] (2) Carry in to a thermal oxidation furnace a thermal oxidation process, next the silicon substrate 110 in which the boron dope layer 112 was formed, and as shown in drawing 4 (C), form the thermal oxidation film 114 in the circumference of this silicon substrate 110. At this example, the thermal oxidation film 114 with a thickness of 1 micrometer was formed by performing thermal oxidation processing over 4 hours at the temperature of 1000 degrees C in a wet oxidation style. At this time, the boron dope layer 112 is also oxidized thermally and the thermal oxidation film 114 is formed also in the front face.

[0083] (3) By carrying out a photolithography processes for a patterning process, next the silicon substrate 110 which has the thermal oxidation film 114, as shown in drawing 4 (D), patterning was performed. Patterning of the 1st mask 116 for forming an aperture in a central field was carried out to the front-face side of a silicon substrate 110 as shown in this drawing. The undersurface which has the boron dope layer 112 of a silicon substrate 110 carried out patterning of the 2nd mask 118 for forming the minute mirror 102 shown in drawing 1 -3, a torsion bar spring 104, a frame 106, a slit 108, etc. For this patterning, resist application, exposure, and development were performed at the front face and rear face of the thermal oxidation film 114, respectively. The thermal oxidation film (silicon-oxide film) 114 of a predetermined field was removed after the development process using the buffer fluoric acid solution. A patterning process is completed by performing resist exfoliation after that. This resist exfoliation can heat and use the mixed liquor of a sulfuric acid and hydrogen peroxide solution at 80 degrees C.

[0084] (4) As shown in the etching process, next drawing 4 (E) of a silicon substrate 110, the 1st mask 116 formed in the upper surface side of a silicon substrate 110 was used, it *****ed and the silicon substrate 110 was removed. This etching process carried out wet etching of the silicon substrate 110 using the KOH solution of 1 - 40% of the weight of concentration. The concentration of KOH solution has the optimal 10-% of the weight order. The reaction of this etching process is performed according to the following reaction formula.

[0085]

$\text{Si} + 2 \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2$ -- here, if the crystal-face direction of surface 110a of a silicon substrate 110 is set to (100) as shown in drawing 4 (E), side-attachment-wall 110b formed of etching will become an inclination wall with the angle of 55 degrees C On the other hand, if the crystal-face direction of surface 110a is set to (110), side-attachment-wall 110b is made with an almost perpendicular wall, and can realize high etching of an anisotropy. Larger area can be

made into the field in which light modulation is possible if it carries out like this.

[0086] The etching end point detector in this case can observe the hydrogen air bubbles produced by the reaction of a silicon substrate 110, and can make a terminal point the time of hydrogen air bubbles being lost. Or this boron dope layer 112 can be operated as an etching stop layer by making high impurity concentration of the boron dope layer 112 into three or more 1×10^{18} atm/cm.

[0087] In addition, as an etching reagent used at this process, TMAH (tetramethyl ammonium hydroxide) solution, EPD (ethylenediamine-pyrocatechol-diazine) solution, or hydrazine solution can be used except KOH solution.

[0088] (5) As shown in the etching process, next drawing 4 (F) of the boron dope layer 112, use the 2nd mask 118 formed in the undersurface of the thermal oxidation film 114, and carry out dry etching of the boron dope layer 112.

[0089] As for this dry etching, it is desirable to use RIE (reactive ion etching) to which the etch rate was quickly suitable for mass production. At this time, as a raw gas, 30-60sccm introduction of 30 - 60sccm and O₂ was carried out for CF₄, and the power of a 13.56MHz RF generator was set as 600W as 400-800W, especially an optimal ground. Chamber internal pressure is 0.05 - 0.30Torr preferably, and 0.15Torr(s) which are optimum values were used for it by this example. At this example, the etching time for 15 - 30 minutes was taken to ***** a 2-micrometer boron dope layer.

[0090] The minute mirror 102 which shows this boron dope layer 112 to drawing 1 -3 by carrying out dry etching, a torsion bar spring 104, a frame 106, and a slit 108 are formed, respectively.

[0091] (6) Like ***** of the thermal oxidation film 114, this thermal oxidation film 114 exfoliates, after being used as etching-proof mask material of the process of (5). As a method of making it exfoliate, as (3) patterning processes explained, a buffer fluoric acid solution can be used, for example. Moreover, you may use about 10% of rare fluoric acid solution. According to the example of this process, as shown in drawing 4 (G), the state where the minute mirror 102, the torsion bar spring 104, etc. were supported by the frame 106 formed in the boron dope layer 112 can be acquired.

[0092] (7) Carry out the vacuum evaporatio of the reflecting layer 102a which becomes the front face of the minute mirror 102 formed in the vacuum evaporatio process, next the boron dope layer 112 of reflecting layer 102a from aluminum (aluminum) by the thickness of 0.2-2 micrometers. If the thickness of reflecting layer 102a exceeds an upper limit, the moment of inertia of the minute mirror 102 becomes large, the speed of response at the time of a drive will become slow, or the driver voltage at the time of carrying out an inclination drive will become high. If less than the minimum of the above-mentioned thickness range, it will become difficult to form reflecting layer 102a by uniform thickness all over the boron dope layer 112.

[0093] Although portions 104 other than the front face of the minute mirror 102, i.e., a torsion bar spring, may be masked at this time so that aluminum may not adhere, you may form reflecting layer 102a also on a torsion bar spring 104 like this example. Since the top panel of the silicon substrate 110 which remains on the front face of a frame 106 is a field by which anode plate junction is carried out after that with the glass electrode substrate 200, it is important for it to mask so that the foreign matter which bars anode plate junction may not adhere to this portion.

[0094] In addition, silver (Ag) can also be used that what is necessary is just what can reflect the light efficiently as the quality of the material of reflecting layer 102a. Moreover, what [not only] not necessarily uses the vacuum evaporatio method but a spatter can also be used for the formation process of reflecting layer 102a.

[0095] At the formation process of this reflecting layer 102a, since the boron dope layer 112 which is the ground material is flat, reflecting layer 102a formed on it can also be formed evenly. When the light by which incidence is carried out to reflecting layer 102a can be reflected with angle of reflection equal to the incident angle by this and display is constituted using this light modulation equipment, it becomes possible to raise contrast.

[0096] By operation of each above process, the mirror substrate 100 made from silicon shown in drawing 1 -3 is completed. Then, as shown in drawing 4 (I), junction of the mirror substrate 100 made from silicon, the glass electrode substrate 200, and the cover glass substrate 300 will be performed. Before explaining this junction process, with reference to drawing 5, the manufacture process of the glass electrode substrate 200 is explained.

[0097] (II) As shown in manufacture process drawing 5 (A) of the glass electrode substrate 200, in order to perform anode plate junction mentioned later, the glass substrate containing alkali metal (Na), for example, sodium, is used for the glass substrate 230 used as the base of the glass electrode substrate 200. As this kind of a glass substrate 230, HOUKEI acid sodium glass can be used, for example, the Pyrex glass (tradename) by Corning, Inc. can be used. If it takes into consideration that silicon and a coefficient of thermal expansion are almost equal in order to heat a glass substrate 230 especially at the time of anode plate junction, Corning #7740 (tradename) is the optimal.

[0098] Hereafter, the manufacture process of the glass electrode substrate 200 using this glass substrate 230 is explained.

[0099] (1) By carrying out the resist application of a up to [the patterning process glass substrate 230 of crevice 202

grade], exposure, and a development process, as shown in drawing 5 (B), form the resist pattern section 232 in the front face of a glass substrate 230. The resist pattern section 232 is formed in the considerable part of the standup section 204 and the support section 210.

[0100] (2) Etching ** for formation of crevice 202 grade carries out wet etching of the glass substrate 230 by using this resist pattern section 232 as a mask using fluoric acid solution. Thereby, others and electrode output port 206 and electrode extraction Itabe 208 are also formed simultaneously. [crevice / which is shown in drawing 5 (C) / 202] The depth of this crevice 202 can be adjusted by changing etching conditions, such as the processing time and temperature. [0101] Since it is an important element which determines the deflection angle of the minute mirror 102, the depth of this crevice 202 adjusts the above-mentioned etching conditions, is lot-to-lot and needs to form the crevice 202 of the equal depth.

[0102] (3) it was formed in the glass substrate 230, as this resist exfoliation was able to be performed by using the mixed liquor of sulfuric-acid + hydrogen peroxide solution like resist ***** and this showed drawing 5 (D) -- it can rise and the resist pattern section 232 can be made to exfoliate from the top panel of the section 204

[0103] (4) In order to form this circuit pattern section 212 on a crevice 202 and electrode extraction Itabe 208, ***** of the circuit pattern section 212 first forms the electrode layer 234 which makes the transparent electrode represented with aluminum (aluminum), silver (Ag), gold (Au), or ITO the quality of the material all over a glass substrate 230, as shown in drawing 5 (E). This electrode layer 234 can be formed by the vacuum deposition, the spatter, or the ion plating method. Then, the resist pattern section 236 is formed by carrying out a photolithography processes on this electrode layer 234 (refer to drawing 5 (F)). Then, this resist pattern section 236 is used as a mask, and an electrode layer 234 is *****ed. This etching can be carried out by wet etching.

[0104] Then, as shown in drawing 5 (G), the glass electrode substrate 200 completes the resist pattern section 236 on the circuit pattern section 212 by exfoliating. The ablation material used at this time is suitably chosen by the quality of the material of an electrode layer 234. The quality of the material of an electrode layer 234 can also be set to ITO. In this case, since the ITO itself dissolves and the ablation liquid which consists of mixed liquor of sulfuric-acid + hydrogen peroxide solution cannot be used instead, the ablation liquid of an organic-solvent system can be used for it.

[0105] (III) As shown in anode plate junction drawing 6 of the mirror substrate 100 made from silicon, and the glass electrode substrate 200, the glass electrode substrate 200 is laid on the hot plate 310 carried on the alignment mechanism 314, and the mirror substrate 100 made from silicon is laid on it. At this time, the 1st and 2nd address electrode 214,216 formed in the glass electrode substrate 200 and the minute mirror 102 formed in the mirror substrate 100 made from silicon carry out alignment to the position which counters, respectively. This alignment is performed by moving the glass electrode substrate 200 at a 2-dimensional flat surface according to the alignment mechanism 314, observing under a microscope 316 from the upper part.

[0106] Moreover, in the case of anode plate junction, if foreign matters, such as dust, are mixing between substrates 100,200, the minute mirror 102 and the circuit pattern section 212 will short-circuit, and it will become a defective. Then, before joining both the substrates 100,200, it is important to conduct inspection which checks the existence of foreign matter mixing. Before this inspection piled up both the substrates 100,200, while being able to conduct it, when the circuit pattern section 212 is formed by the transparent electrode, for example, ITO, even if it piles up both substrates, it can be conducted by observing under a microscope from the glass electrode substrate 200 bottom.

[0107] Then, the mirror substrate 100 made from silicon and the glass electrode substrate 200 are connected to DC power supply 312. The mirror substrate 100 made from silicon is connected to the plus terminal of a power supply 312, and the glass electrode substrate 200 is connected to the minus terminal of a power supply 312, respectively. And with a hot plate 310, the glass electrode substrate 200 is heated at 250-450 degrees C, for example, 350 degrees C, and the electrode of 300-1000V, 600V [for example,], is impressed for 2 - 3 minutes from a power supply 312.

[0108] If it does so, it will become easy to move Na in the glass electrode substrate 200 (plus) by being heated by the hot plate 310. By movement of this Na (plus), the plane of composition of the glass electrode substrate 200 is charged in minus, and the plane of composition of the mirror substrate 100 made from silicon is charged in plus. Consequently, a big Coulomb force will act among both planes of composition, a chemical bond will arise in an interface, and electrostatic junction will be performed. Thereby, the mirror substrate 100 made from silicon and the glass electrode substrate 200 are firmly joinable.

[0109] The both ends and frame 106 of a torsion bar spring 104 of the mirror substrate 100 made from silicon are joined to the starting section 204 of the glass electrode substrate 200 by this anode plate junction, and the pars intermedia of the torsion bar spring 104 of the mirror substrate 100 made from silicon is joined to the support section 210 of the glass electrode substrate 200.

[0110] Thus, both can be certainly joined like [at the time of using adhesives] by carrying out anode plate junction of the mirror substrate 100 made from silicon, and the glass electrode substrate 200, without requiring the thickness of a

glue line. And since there is no Lycium chinense in which the thickness of a glue line differs unlike the case where adhesives are used, crevice depth H shown in drawing 3 (B) can be set up almost uniformly by lot-to-lot. Although this crevice depth H determines the deflection angle θ of the minute mirror 102, it becomes possible to set up this deflection angle θ uniformly by lot-to-lot by anode plate junction.

[0111] If the cover glass substrate 300 is constituted from a glass electrode substrate 200 and a glass substrate which contains Na similarly, anode plate junction of this cover glass substrate 300 can be similarly carried out to the frame 106 of the mirror substrate 100 made from silicon. However, since the junction to the mirror substrate 100 made from silicon and the cover glass substrate 300 does not require precision, it can also adopt other junction methods, for example, the junction method using adhesives.

[0112] (IV) Closure, dicing, and wiring process (1) closure process electrode output port 206 are closed with a sealing agent, and are sealed. If it carries out like this, it can prevent that a foreign matter, water, etc. invade at the (2) following dicing processes between the mirror substrate 100 made from silicon, and the glass electrode substrate 200. Consequently, it can prevent that the minute mirror 102 and the circuit pattern section 212 short-circuit, and the yield of processing can be raised. Moreover, after the (2) following dicing processes, on two sides of an optical modulator 330, since the detailed gap 240 for board thickness of a torsion bar spring 104 is generated as shown in drawing 7 (B), this detailed gap 240 can be closed similarly.

[0113] (2) As shown in the dicing process drawing 7 (A), it can form on one wafer 320 which constitutes the silicon substrate 110 which shows two or more optical modulators 330 obtained as mentioned above simultaneously to drawing 4 (A). For this reason, after completion of an optical modulator 330, the dicing of the wafer 320 was carried out and it has separated into each optical modulator 330. It functions as an electrode which the ends of the torsion bar spring 104 connected with the frame 106 were separated, was separated in the direction of Y of drawing 1, and became independent one [at a time] according to this dicing process. The optical modulator 330 separated by dicing is as being shown in drawing 7 (B).

[0114] (3) Wire by fixing the separated optical modulator 330 on the substrate which is not illustrated after that [wiring process]. As shown in drawing 7 (B), a wiring process is carried out by connecting the circuit pattern section 212 on the electrode extraction board 308, and the edge of the torsion bar spring 104 exposed to the side to the drive circuit which is not illustrated. In this way, light modulation equipment is completed.

[0115] (The 2nd example) Next, the light modulation equipment in which high density assembly is possible is explained with reference to drawing 8 - drawing 10 :

[0116] the whole high-density light modulation equipment **** -- as shown in drawing 8 and drawing 9, the light modulation equipment concerning this 2nd example is divided roughly, and has the mirror substrate 400 made from silicon, the glass electrode substrate 500, and the cover glass substrate 600. Anode plate junction is carried out by the mirror substrate 400 made from silicon, and the glass electrode substrate 500 like the 1st example. Since, as for the physical relationship of the mirror substrate 400 made from silicon, and the cover glass substrate 600, there is no influence in the deflection angle of a minute mirror, it may join both the substrates 400,600 like the 1st example using adhesives other than anode plate junction.

[0117] This mirror substrate 400 made from silicon has the torsion bar spring 404 which connects the minute mirror 402 arranged in the shape of a matrix in the direction of X and the direction of Y of drawing 8, and the minute mirror 402 arranged in the direction of X, and the frame 406 which connects the edge of this torsion bar spring 404. The slit 408 is formed in the circumference of the connection section by which a torsion bar spring 404 is connected with the minute mirror 402. Moreover, the other end 404b is connected with the frame 406 through the electrode 410 for mirrors of large area to end 404a of a torsion bar spring 404 being directly connected with the frame 406.

[0118] Notching formation of the address electrode output port 412 is carried out at one side of a frame 406. And the partition section 414 which divides the field where many minute mirrors 402 were arranged, and address electrode output port 412 is formed.

[0119] Two or more these mirror substrates 400 made from silicon are simultaneously formed on a silicon substrate, and are separated with other mirror substrates made from silicon along the position of four places of A-D shown in drawing 8 in the case of a dicing process.

[0120] The glass electrode substrate 500 shown in drawing 8 has the crevice 502 formed in the central field, and the starting section 504 started and formed in the circumference. The middle rib 506 is formed in the position which counters this crevice 502 with the partition section 414 of the mirror substrate 400 made from silicon. Furthermore, it has the support section 508 in the torsion bar spring 404 located between two minute mirrors 402,402 which adjoin a crevice 502 in the direction of X of drawing 8, and the position which counters. Two or more circuit pattern sections 510 are formed in the crevice 502 of the glass electrode substrate 500 along the direction of Y of drawing 8 on both sides of the middle rib 506. This circuit pattern section 510 has two fields of the minute mirror 412, and the 1st and 2nd

address electrode 512,514 which counters bordering on a torsion bar spring 404. Common connection of two or more 1st address electrodes 512 arranged along the direction of Y of drawing 8 is made at the 1st common wiring 516. Similarly, common connection of two or more 2nd address electrodes 514 arranged along the direction of Y of drawing 8 is made, and they are in the 2nd common wiring 518. And extension formation of the edges 516a and 518a of the 1st and 2nd common wiring 516,518 is carried out to the position beyond the middle rib 506.

[0121] In addition, dicing is carried out, in case two or more these glass electrode substrates 500 are also simultaneously formed on one glass substrate and are divided into one optical modulator after that.

[0122] When anode plate junction of this glass electrode substrate 500 is carried out with the mirror substrate 400 made from silicon, each edges 516a and 518a of the 1st and 2nd common wiring 516,518 are exposed to the mirror substrate 400 made from silicon through the address electrode output port 412 by which opening formation was carried out. In addition, when anode plate junction of the mirror substrate 400 made from silicon and the glass electrode substrate 500 is carried out, anode plate junction of the both ends 404a and 404b of the torsion bar spring 404 of the mirror substrate 400 made from silicon and a frame 406, and the starting section 504 of the glass electrode substrate 500 is carried out like the 1st example. Moreover, anode plate junction of the pars intermedia of the torsion bar spring 404 of the mirror substrate 400 made from silicon is carried out at the support section 508 of the glass electrode substrate 500. In this 2nd example, anode plate junction of the partition section 414 of the mirror substrate 400 made from silicon is further carried out with the middle rib 506 of the glass electrode substrate 500.

[0123] The cover glass substrate 600 shown in drawing 8 has a crevice 602 in the arrangement field of the minute mirror 402 formed in the mirror substrate 400 made from silicon, and the position which counters. [many] It rises in the periphery of this crevice 602, and the section 604 is formed. One cover glass substrate 600 which two or more cover glass substrates 600 are formed from one glass substrate, and is shown in drawing 8 by the dicing of a glass substrate is constituted on a manufacture process. And one-side 604a of the starting section 604 is arranged in the position which carries out a polymerization to end 404a of the torsion bar spring 404 by which dicing was carried out. Other one-side 604b parallel to the aforementioned one-side 604a of the starting section 604 is arranged in the position which carries out a polymerization to other end 404b of the torsion bar spring 404 by which dicing was carried out. Consequently, the electrode 410 for mirrors of the mirror substrate 400 made from silicon will be exposed outside. Two sides are arranged 604c and 604d in the position of the others which intersect [aforementioned / of the starting section 604] perpendicularly each with 604a and 604b one side which divides with the frame 406 of the mirror substrate 400 made from silicon, respectively, and carries out a polymerization to the section 414.

[0124] Consequently, as shown in drawing 9, the address electrode output port 412 by which opening formation is carried out at the mirror substrate 400 made from silicon is outside exposed, and wiring to the 1st formed on the glass electrode substrate 500 and 2nd common wiring 516,518 is attained. In addition, closure sealing of the address electrode output port 412 is carried out with a sealing agent after this wiring. Moreover, in the field in which end 404a and other end 404b of a torsion bar spring 404 do not exist, if an above-mentioned dicing process is carried out, as shown in drawing 9, the gap 511 only for thickness of a torsion bar spring 404 will be generated between the starting section 504 of the glass electrode substrate 500, and the starting section 604 of the cover glass substrate 600. Closure sealing also of this gap 511 is carried out with a sealing agent like the above.

[0125] The manufacture process of the light modulation equipment applied to the 2nd example with reference to drawing 10 about the manufacture process of light modulation equipment next is explained. In addition, the manufacture process of the glass electrode substrate 500 can apply the same process substantially with the process shown in drawing 5. The cover glass substrate 600 should just apply the process of drawing 5 (B) - (D), in order to carry out etching formation of the crevice 602.

[0126] Below, a point peculiar to the manufacture process of the light modulation equipment of this 2nd example is explained.

[0127] (1) The boron dope layer 422 is formed in the whole surface of a silicon substrate 420 in the formation process drawing 10 of the boron dope layer 422 (A). Formation of this boron dope layer 422 is performed like the 1st example.

[0128] (2) A point characteristic in the manufacture process of the light modulation equipment applied to this 2nd example as anode plate ***** of a substrate 400,500 is a point which is carrying out anode plate junction of the silicon substrate 420 in which the boron dope layer 422 was formed with the glass electrode substrate 500, as shown in drawing 10 (B).

[0129] Anode plate junction of both this substrate 400,500 is carried out like the 1st example using the equipment shown in drawing 6. That is, the glass electrode substrate 500 laid on the hot plate 310 is heated to the range of 250-450 degrees C, for example, 350 degrees C. DC power supply 312 are simultaneously connected to both the substrates 400,500, minus voltage is impressed to the glass electrode substrate 500, and plus voltage is impressed to the mirror substrate 400 made from silicon, respectively. If it carries out like this, Na in the glass electrode substrate 500 (plus)

moves, the connection connecting face of the glass electrode substrate 500 is charged in minus, the plane of composition of the mirror substrate 400 made from silicon is charged in plus, among both planes of composition, a big Coulomb force will act and electrostatic junction will be carried out.

[0130] The reason the light modulation equipment concerning this 2nd example fits high density assembly is that it is not necessary to perform strict alignment of the minute mirror and the circuit pattern section which were already formed like the 1st example in case anode plate junction of both the substrates 400,500 is carried out. This strict alignment is needed in the case of patterning of reflecting layer 402a shown in drawing 10 (E).

[0131] (3) As shown in the wet etching process, next drawing 10 (C) of a silicon substrate 420, etch completely the silicon substrate 420 formed on the boron dope layer 422. For example, the wet etching at this time is the same as the 1st example, using the KOH solution of 10 - 40% of the weight of concentration, it *****s and the etching reaction formula shown in the 1st example, therefore silicon are removed. An etching end point detector can observe the hydrogen foam produced by the reaction of a silicon substrate 420, and can make the time of a hydrogen foam being lost a terminal point. Or this boron dope layer 422 can be operated as an etching stop layer by making high impurity concentration of the boron dope layer 422 into three or more 1×10^{18} atm/cm.

[0132] In addition, not only KOH solution but TMAH solution, EPD solution, or hydrazine solution etc. can also be used for the solution used for wet etching.

[0133] (4) As shown in the vacuum evaporation process, next drawing 10 (D) of reflecting layer 402a, form reflecting layer 402a in all the front faces of the boron dope layer 422. As this reflecting layer 402a, aluminum (aluminum) is formed by carrying out vacuum evaporation, for example. Thickness of this reflecting layer 402a can be set to 0.2-2 micrometers like the 1st example.

[0134] (5) As shown in the patterning process, next drawing 10 (E) of reflecting layer 402a, carry out a series of photolithography processes, and form the resist pattern section 424 on reflecting layer 402a. This resist pattern section 424 *****s with the configuration of the minute mirror 402 formed in the mirror substrate 400 made from silicon shown in drawing 8, a torsion bar spring 404, a frame 406, a slit 408, the electrode 410 for mirrors, address electrode output port 412, and the partition section 414.

[0135] When reflecting layer 402a is formed with aluminum (aluminum), the mixed liquor of phosphoric acid, an acetic acid, and a nitric acid can be heated at 30 degrees C, it can dip for about 3 minutes, and wet etching can be performed. Thereby, as shown in drawing 10 (E), patterning of reflecting layer 402a can be performed.

[0136] If double-sided alignment equipment is used at this time, patterning can be performed in the precision of 0.5 micrometers. That is, the position of the circuit pattern section 510 is recognized through a microscope, and it observes from the lower part of drawing 10 (E), i.e., the lower part side of the glass electrode substrate 500, under a microscope also from the upper part side of the mirror substrate 400 made from silicon simultaneously. And the exposure process for forming the resist pattern section 424 on the basis of the recognition position of the circuit pattern section 510 formed in the glass electrode substrate 500 can be carried out. The resist pattern 424 of the minute mirror 402 etc. and the *****ing configuration can be formed in the 1st of the circuit pattern section 510, and 2nd address electrode 512,514, and the position which counters by this, and even if packaging density increases by this, it becomes possible to perform accurate patterning.

[0137] Moreover, it will become very difficult to remove this supposing the foreign matter should be mixed in the space across which it faced before two-poles junction of both the substrates 400,500. When this foreign matter adhered with the circuit pattern section 510 of the glass electrode substrate 500 and the inclination drive of the minute mirror 402 is carried out, among both, short-circuit will arise, it will become poor and the yield will fall.

[0138] Then, in this 2nd example, it is inspecting whether before anode plate junction of both the substrates 400,500, light is irradiated from the transparent glass electrode substrate 500 side, and mixing of a foreign matter is. In this case, as for the circuit pattern section 510 formed in the glass electrode substrate 500, it is desirable to replace with metals, such as aluminum and Ag, and to carry out to a transparent electrode, for example, ITO. If it carries out like this, it will become detectable [the foreign matter which has adhered on the surface of ITO].

[0139] (6) In order to ***** the dry etching process boron dope layer 422 of the boron dope layer 422, dry etching is suitable from wet etching. The reason is that there is no it at dry etching although it is a series of processes of etching of the boron dope layer 422, rinsing, and dryness, and a foreign matter may adhere from the exterior or a dryness stain may occur in wet etching.

[0140] In order to carry out dry etching of the boron dope layer 422, the resist pattern section 424 is made into etching-proof mask material. This dry etching can be carried out on the same conditions as the process of drawing 4 (F) of the 1st example.

[0141] (7) Like ***** of the resist pattern section 424, in a dry process, ashing of this resist pattern section 424 can be carried out, and for example, UV ashing device can remove it.

[0142] (8) As for this cover glass substrate 600, like the 1st example, since high junction of precision is unnecessary, ***** of a cover glass substrate and the mirror substrate made from silicon can be replaced with anode plate junction, and can also perform junction by adhesives.

[0143] (9) In order to prevent penetration of the water at the time of closure process dicing, or a foreign matter, close the electrode drawing opening 412 shown in drawing 9 with a sealing agent. The detailed gap 511 shown in drawing 9 produced after dicing is closed similarly behind.

[0144] (10) Each process which carried out dicing process **** is performed in the state of the silicon substrate which can carry two or more sets of substrates 400,500 and 600 for constituting two or more optical modulators, or a glass substrate. And after the junction process of the cover glass substrate 600 is completed, the dicing for separating into each optical modulator is performed. In the case of this dicing, the dicing of the substrates 400,500 and 600 will be carried out along the position of position A-D shown in drawing 8, respectively. Thereby, two or more torsion bar springs 404 connected mutually are separated during assembly, respectively.

[0145] (11) Wire by connecting the edges 512a and 514a of the mirror electrode 410 of an optical modulator, and the address electrodes 512 and 514 divided into the wiring process last to the drive circuit which is not illustrated. Thereby, light modulation equipment is completed.

[0146] In addition, although the above-mentioned 1st and the 2nd example showed the example which carried out anode plate junction of the mirror substrate made from silicon, and the glass electrode substrate, it can replace with this and other junction methods can also be adopted. Direct junction and eutectic bonding can be mentioned as other examples.

[0147] Both direct junction can be used when a mirror substrate and an electrode substrate are made into a silicon substrate. After washing a silicon substrate well and making good wettability of the plane of composition of a silicon substrate, alignment and eye tacking are performed under a room temperature using an infrared microscope. Then, silicon substrates are directly joinable by heat-treating the silicon substrate by which it was tacking carried out in nitrogen-gas-atmosphere mind at 1100 degrees C as 800-1200 degrees C and an optimum temperature for 1 to 4 hours. Here, when the wettability of a silicon substrate is good, the silicon surface element is combination of Si-O-H. By heat-treating this, dehydration arises, it becomes the covalent bond of Si-O-Si, and silicon substrates are joined.

[0148] Eutectic bonding can be used when the plane of composition of an electrode substrate is used as aluminum (aluminum) or gold (Au). It is comparatively easy to alloy these metals at low temperature with 300-350 degrees C. For example, if Au film is formed in a spatter on an electrode substrate, the mirror substrate made from silicon is contacted on the Au film front face and it heat-treats at 300-400 degrees C for 1 to 2 hours, Au of a junction interface will be spread in Si, a junction interface will be lost, and it will be joined.

[0149] Thus, as the quality of the material of an electrode substrate, many things can be chosen according to the conjugation method adopted. However, when junction is performed under heating, it is desirable that silicon and a coefficient of thermal expansion are near.

[0150] (The 3rd example) The 3rd example shown below shows the composition which can prevent certainly the short-circuit between the minute mirror 402 and the address electrode 512,514 of the 1st and 2. The insulator layer 416 is formed in the near field where the minute mirror 402 counters with the 1st and 2nd address electrode 512,514 as shown in drawing 11 (A). If it carries out like this, though a foreign matter 10 should exist between the minute mirror 402 and the 1st and 2nd address electrode 512,514, the short-circuit between the minute mirror 402 and the 1st and 2nd address electrode 512,514 can be prevented by the insulator layer 416.

[0151] If an insulator layer 416 is formed in the rear-face side of the minute mirror 402, as shown in drawing 11 (B), the 1st and 2nd address electrode 512,514 can also be made to serve a double purpose as a stopper which determines the angle of inclination at the time of tilting of the minute mirror 402. If there is this kind of insulator layer in the case of the light modulation equipment shown for example, in the 1st example, it is realizable by skipping the exfoliation process of the thermal oxidation film shown in drawing 4 (G). That is, the thermal oxidation film 114 formed by drawing 4 (C) can be made to serve a double purpose as an insulator layer.

[0152] In order to prevent the short-circuit between the minute mirror 402 and the 1st and 2nd address electrode 512,514, you may form an insulation in the front face of the 1st and 2nd address electrode 512,514 with membrane formation equipments, such as a sputtering system.

[0153] When an insulator layer 416 is formed in the rear face of the minute mirror 402, it is good to form the front face of the 1st and 2nd address electrode 512 and 514 in a split face. If it carries out like this, the touch area of electrodes 512 and 514 in contact with the minute mirror 402 can be lessened. If it does not form in a split face, electrification of a hot carrier will set to the insulator layer 416 formed in the minute mirror 402, and the ball up of the minute mirror 402 to electrodes 512 and 514 will arise in it. These evils can be prevented only by making the front face of electrodes 512 and 514 into a split face. In addition, this split face can realize the heights which have the height more than a 200

ONGU stroke preferably by forming in an electrode front face.

[0154] In order to make the front face of the 1st and 2nd address electrode 512 and 514 into a split face, it is good to change the conditions at the time of membrane formation by the spatter, and to form membranes using a spatter particle with a big particle size. Or if electrodes 512 and 514 are formed by the vacuum deposition, the front face will turn into a split face.

[0155] Or in the etching process for formation of the crevice 202 grade shown in drawing 5 (C), the ITO film surface formed on it can be made into a split face by changing etching conditions and making an etching side into a split face.

[0156] In order to lessen the touch area of the insulator layer 416 formed in the minute mirror 402, and electrodes 512 and 514, as shown in drawing 12, it is the ends side of the minute mirror 402, and micro pyramid 416a which made a part of insulator layer 416 project below can also be formed. What is necessary is just to carry out the process of drawing 13 (A) - (C), in order to form this micro pyramid 416a. First, as shown in this drawing (A), the 1st flat oxide film 430 is formed on an insulator layer 416. It is on this 1st oxide film 430 after that, and the 2nd oxide film 432 is locally formed in the position of the both ends of the minute mirror 402.

[0157] Next, this 1st [the] and the 2nd oxide film 430,432 are *****ed. If the etch rate was uniform on the whole surface as shown in drawing 13 (B), when carried out like this, after the 1st oxide film 430 of a central field is removed completely, the 1st oxide film 430 of the periphery field remains. If etching is advanced succeeding after that, only the front face of the insulator layer 416 of a central field will ***** , and the insulator layer 416 of the edge will not *****.

[0158] And as shown in drawing 13 (C), micro pyramid 416a formed in the ends of the minute mirror 402 by the insulator layer 416 can be formed by removing the oxide film which remains at the edge.

[0159] In order to prevent electrification of the insulator layer 416 formed in the rear face of the minute mirror 402 by the 1st and 2nd address electrode 512,514, as shown in drawing 14, it is possible to form the insulating stopper 530 which projects from the crevice 502 of the glass electrode substrate 500. If it carries out like this, even if it is at the inclination drive time of the minute mirror 402, the ball up of the minute mirror 402 accompanying electrification can be prevented by the ability taking a large distance with the insulator layer 416 by the side of the rear face, the 1st, and 2nd address electrode 512,514.

[0160] (The 4th example) Next, the example which constitutes a projector is explained with reference to drawing 15 - drawing 17 using the light modulation equipment of the 1st example or the 2nd example.

[0161] Drawing 15 shows the example which constituted the projector using one step of light modulation equipment 700. The white light by which outgoing radiation was carried out is condensed by the rotating type light filter 706 through a condensing lens 704 from the projection lamp 702 as shown in this drawing. This rotating type light filter 706 has the color filter of three colors of R, G, and B. By rotation arrangement of each color filter being carried out to the condensing position of a condensing lens 704, the light of the wavelength of a different color one by one passes a filter.

[0162] Incidence of the light which penetrated the filter of "R" of the rotating type light filter 706, "G", and "B" one by one will be carried out to light modulation equipment 700 via a condensing lens 708, the reflective mirror 710, and the half prism 712. In this light modulation equipment 700, an incident light is reflected by each minute mirror arranged in the shape of a matrix by performing the scan which carries out the inclination drive of the minute mirror one by one from the edge of the direction of X (horizontal) according to the driving method mentioned above based on the video signal from the outside, and scanning sequentially in the direction (perpendicular direction) of Y. The reflected light modulated by this in each pixel of the shape of a matrix by which the minute mirror has been arranged according to gradation can be obtained.

[0163] Incidence of this reflected light will be carried out to the projection lens 714 as a parallel light through the half prism 712, and expansion projection will be carried out on a screen 716 through this projection lens 714.

[0164] Here, compared with the conventional liquid crystal panel with an optical low utilization factor, efficiency for light utilization has 3 or more-time light modulation equipment 700 of this example by having a polarizing plate, and it becomes possible [displaying a picture with luminosity sufficient on a screen 716].

[0165] and the speed of response of a minute mirror is markedly boiled compared with 20microsec and 30msec(s) of the conventional liquid crystal, is quick and can prevent also with after a picture Furthermore, since efficiency for light utilization was low in the place using the conventional liquid crystal panel and the liquid crystal panel of three sheets was needed for it corresponding to "R", "G", and "B", the alignment adjustment by each shaft orientations was very complicated.

[0166] On the other hand, if the light modulation equipment 700 of this example is used, as shown in drawing 15, one step will be accepted, it will come out, sufficient luminosity can be obtained, and alignment adjustment will also become very easy.

[0167] in addition, this light modulation equipment 700 is shown in drawing 16 and drawing 17 -- as -- two steps -- or three steps can also be prepared the spectrum which in the case of drawing 16 the rotating type light filter 707 has the filter of "G" and "B", and carries out a spectrum to the preceding paragraph of two light modulation equipments 700 to a two-wave field -- prism 717 is arranged the spectrum which a rotating type light filter is not used in the case of drawing 17, but carries out a spectrum to the preceding paragraph of three light modulation equipments 700 to a three-wave field on the other hand -- prism 718 is formed In this way, light modulation equipment 700 is used also [wavelength / of any 2 colors], or it becomes independent for every wavelength, and it is also possible two steps or to arrange three steps. If it carries out like this, it will become possible to project a brighter clear picture on a screen 716.

[0168] (The 5th example) Drawing 18 shows the example which applied the light modulation equipment 720 of this example to electrophotography equipment, for example, a LASER beam printer. In this example, light modulation equipment 720 uses as substitution of the conventional polygon mirror, and it is *****. In this drawing, two or more minute mirrors 722 of light modulation equipment 720 are arranged along the direction parallel to the laser beam by which outgoing radiation is carried out from a laser light source 724.

[0169] In drawing 18, the state where ON drive of the minute mirror 722 located in a right-hand side edge was carried out is shown, and the photoconductor drum 730 is arranged at the travelling-direction preceding paragraph of the reflected light reflected at the time of ON drive of this minute mirror 722. At this time, other minute mirrors are OFF drives and do not interrupt a laser beam.

[0170] A photoconductor drum 730 can be clockwise rotated, as shown in drawing 19. Around this photoconductor drum 730, the exposure lamp 732, a developer 734, imprint equipment 736, cleaning equipment 738, and the electric discharger 740 are arranged, respectively. If each minute mirror 722 of the light modulation equipment 720 shown in drawing 18 is scanned in order on left-hand side from the right-hand side of drawing, the surface potential of the photoconductor drum 730 beforehand charged in fixed potential with the exposure lamp 732 will change potential based on the reflected light modulated by the minute mirror 722, and a latent image will be formed. A latent image adheres to a toner by the developer 734, negatives are developed by rotation of a photoconductor drum 730, and the toner is imprinted by imprint equipment 736 at a record-medium 744 side. After fixing is performed by the fixing roller 742 formed in the latter part, paper is delivered to this record medium 744. Moreover, after an imprint is completed, the toner which remains on a photoconductor drum 730 is recovered by cleaning equipment 738, is discharged with the electric discharge lamp 740, and returns to an initial state.

[0171] Thus, according to this example, light modulation equipment 720 can be used as substitution of the conventional polygon mirror, and moreover, since [in which high density assembly is possible] light modulation equipment 720 has the quick speed of response, it can record the picture of high resolution on a record medium 744.

[0172] (The 6th example) This 6th example shows the example in which optical switching is possible and which was applied, for example to the optical card for the light modulation equipment of this example. as shown in drawing 20, arbitrary induced voltage is produced and carried out on an insulating substrate 750 -- having -- **** -- it is prepared, the plurality 752-1 to 752-12, for example, 12 induction coils, which can do things

[0173] In the edge on this insulating substrate 750, the light modulation equipment 760 of this example is arranged. And each induction coil 752-1 to 752-12 is connected to six minute mirrors prepared in light modulation equipment 760, and the 1st and 2nd address electrode which counters, respectively through the circuit pattern 754.

[0174] If this optical card is inserted in the device which can detect the optical switching signal from this optical card, respectively corresponding to 12 induction coils 752-1 to 752-12 formed in the insulating substrate 750, 12 induction coils by the side of a device will be arranged. Induced voltage arises by energizing to this with each induction coil 752-1 to 752-12. Based on this induced voltage, the inclination drive of the six minute mirrors in light modulation equipment 760 can be carried out, and the optical switching signal modulated by the reflected light can be acquired.

[0175] Here, since this light modulation equipment 760 can be formed very small, it can be enough held in a portable card. And since this optical card is unrelated to the influence of magnetic, it can prevent the data in a card being read and being used for a crime.

[0176] (The 7th example) This 7th example is used in order to build the light modulation equipment 780 concerning this invention into an aligner and to write information peculiar to the wafer of a lot number and others in the front face of the semiconductor wafer 770 exposed.

[0177] It counters with the wafer installation base 772 in which a wafer 770 is laid, and the light source 774 for exposure is formed in the information. Between this light source 774 and the wafer installation base 772, the reticle 776 which carries out reduction projection of the light by which outgoing radiation was carried out from the light source 774 on a wafer 770 as a predetermined mask pattern image is formed. When a part of light from the light source 774 has been arranged in the position by which incidence is carried out and ON drive of the minute mirror is carried out, the reflected light carries out incidence of the light modulation equipment 780 built in this aligner to the position

of a wafer 770.

[0178] Here, the wavelength of the light source 774 of an aligner is short wavelength according to g line, i line, an excimer laser, and the densification of an element. If it is going to modulate the light of such short wavelength in the optical switching element using liquid crystal, the enclosed liquid crystal will deteriorate immediately.

[0179] Since the light modulation equipment 780 of this invention only reflects this short wavelength by the minute mirror, it has sufficient endurance.

[0180] If the light modulation equipment 780 of this invention is used, the light for exposure of the short wavelength from the light source 774 is made to serve a double purpose, and it will become unnecessary thus, to be able to record ID information etc. and to prepare the light source separately on a wafer 770.

[0181] The light modulation equipment concerning this invention can apply what [not only] is applied to various above-mentioned devices but light to the thing which carries out a gradation modulation, or various kinds of devices which only carry out an ON/OFF modulation. For example, it is possible to apply to the signboard for an advertisement which constitutes so that direct viewing of the light reflected by the minute mirror of light modulation equipment can be carried out, and displays the characters, such as a picture and a character, or a clock display.

[0182]

[Translation done.]

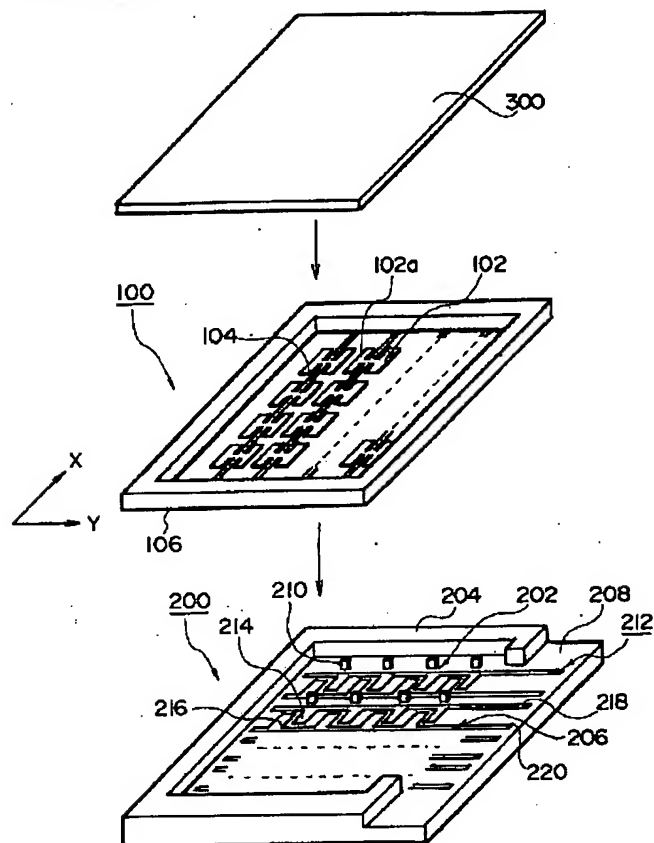
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

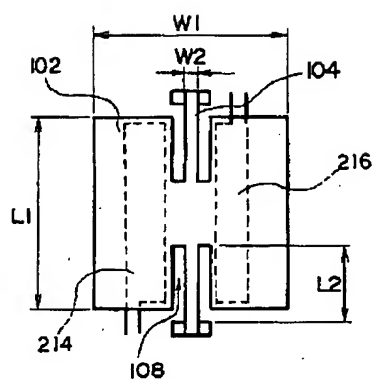
DRAWINGS

[Drawing 1]

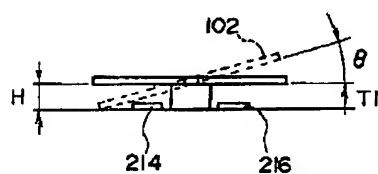


[Drawing 3]

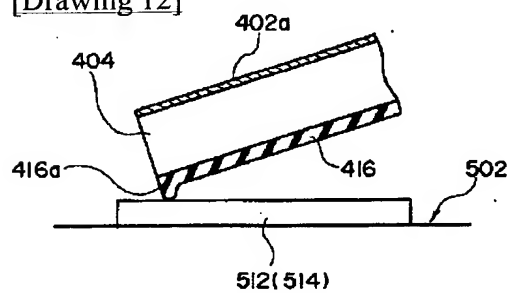
(A)



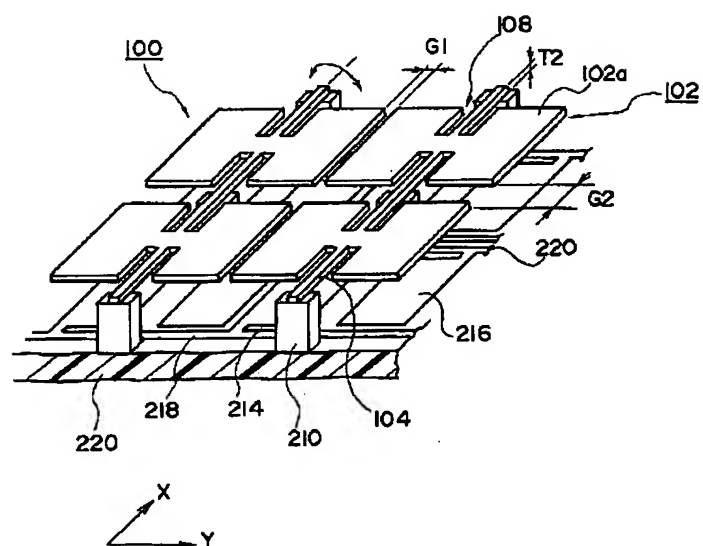
(B)



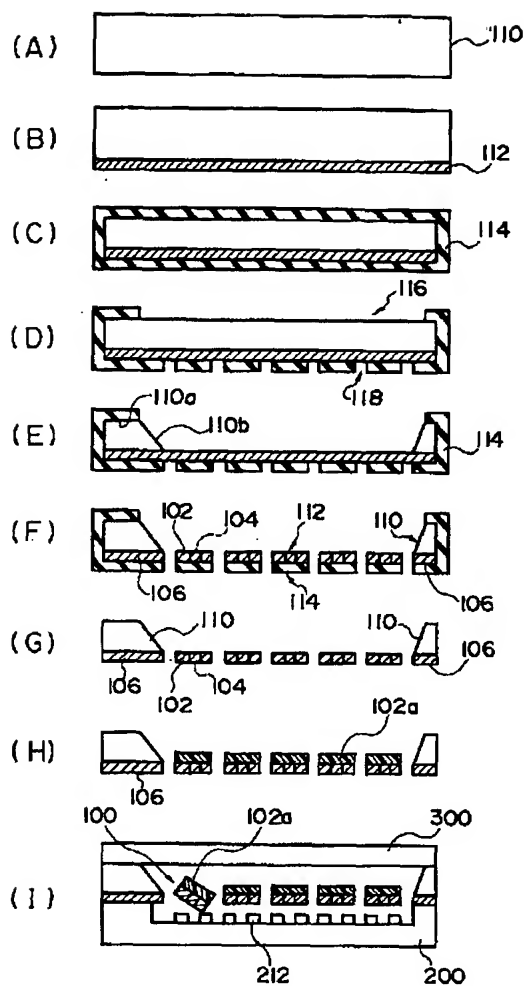
[Drawing 12]



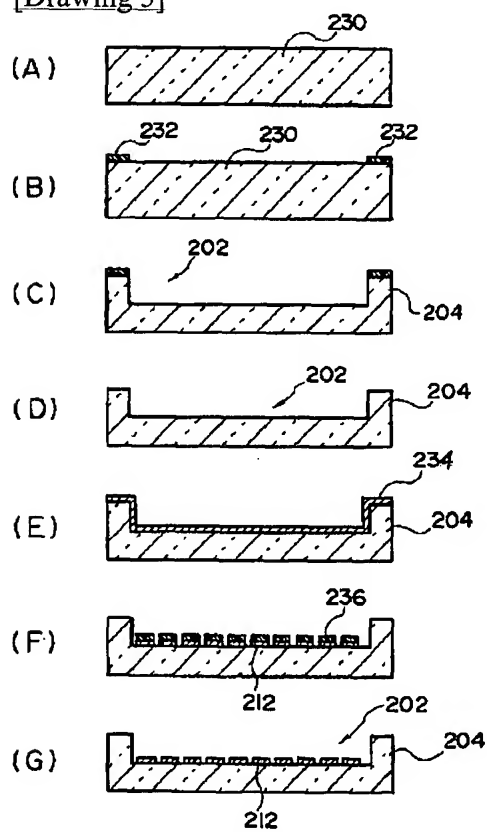
[Drawing 2]



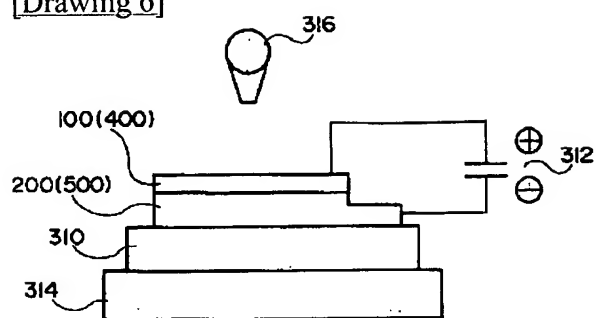
[Drawing 4]



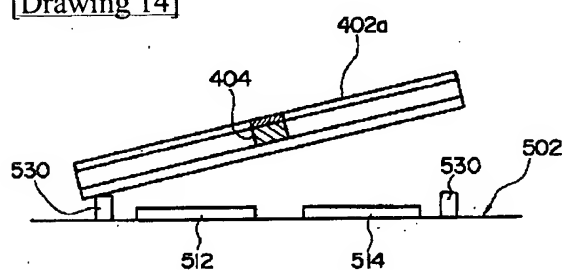
[Drawing 5]



[Drawing 6]

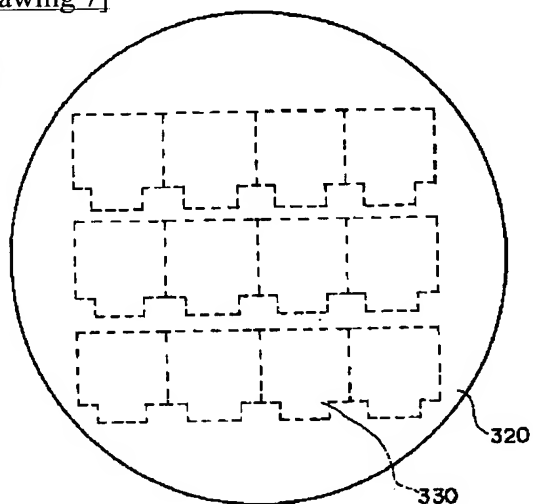


[Drawing 14]

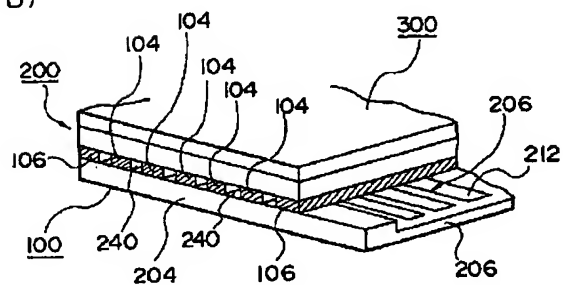


[Drawing 7]

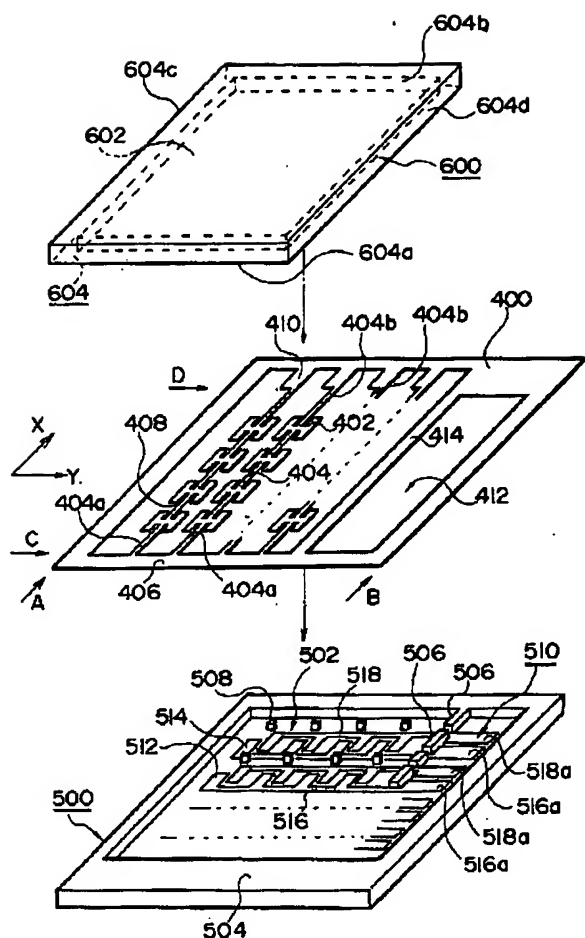
(A)



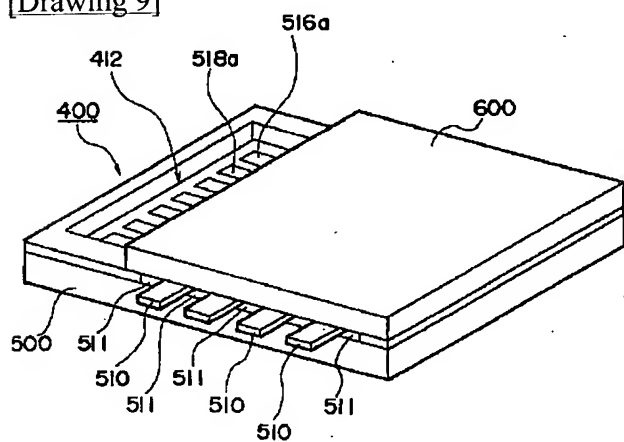
(B)



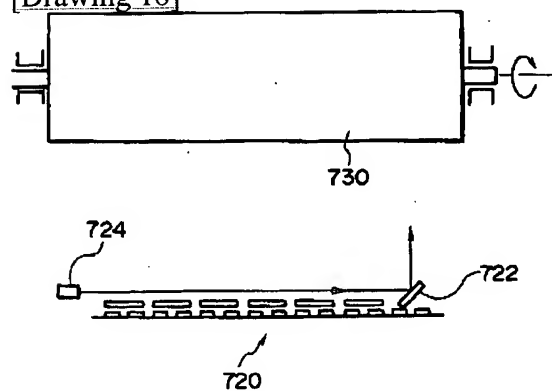
[Drawing 8]



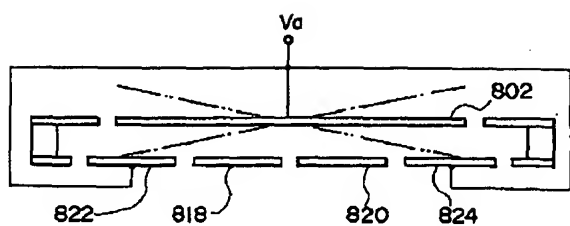
[Drawing 9]



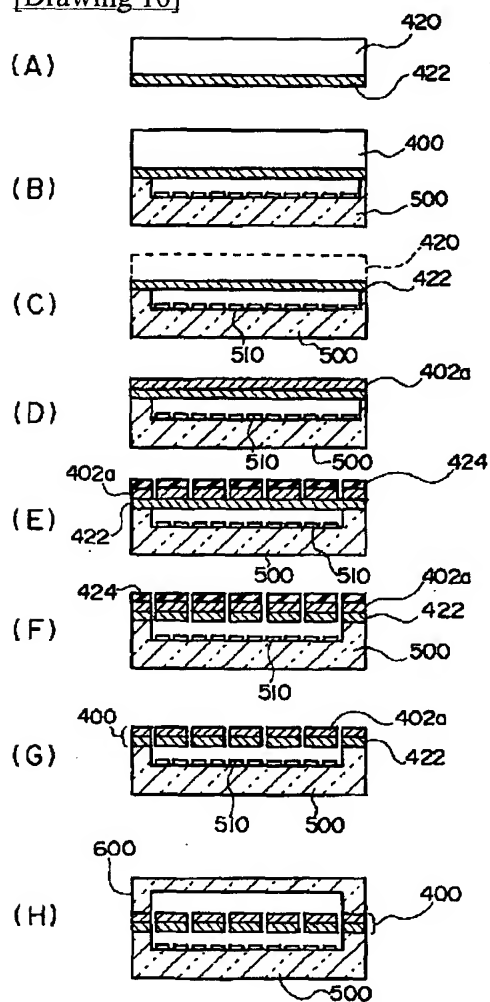
[Drawing 18]



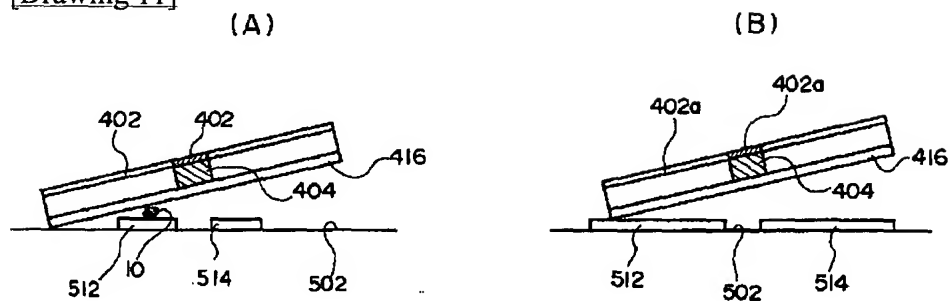
[Drawing 23]



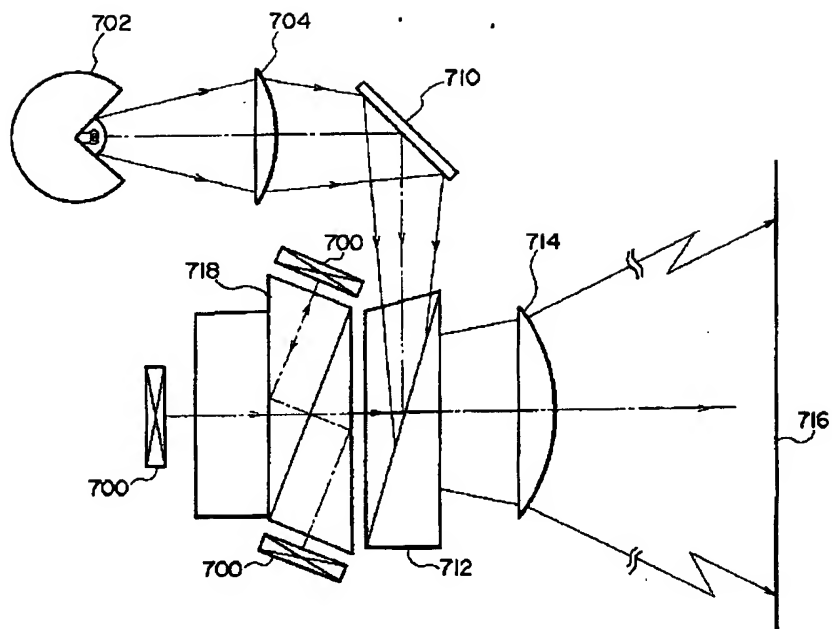
[Drawing 10]



[Drawing 11]



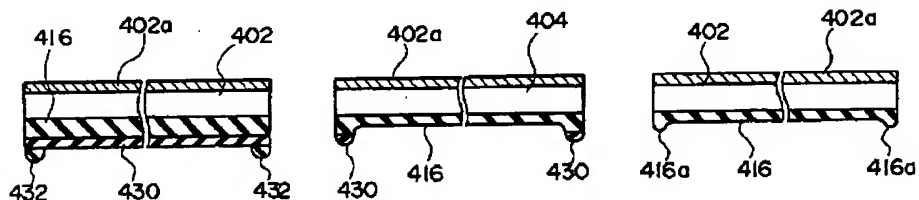
[Drawing 17]



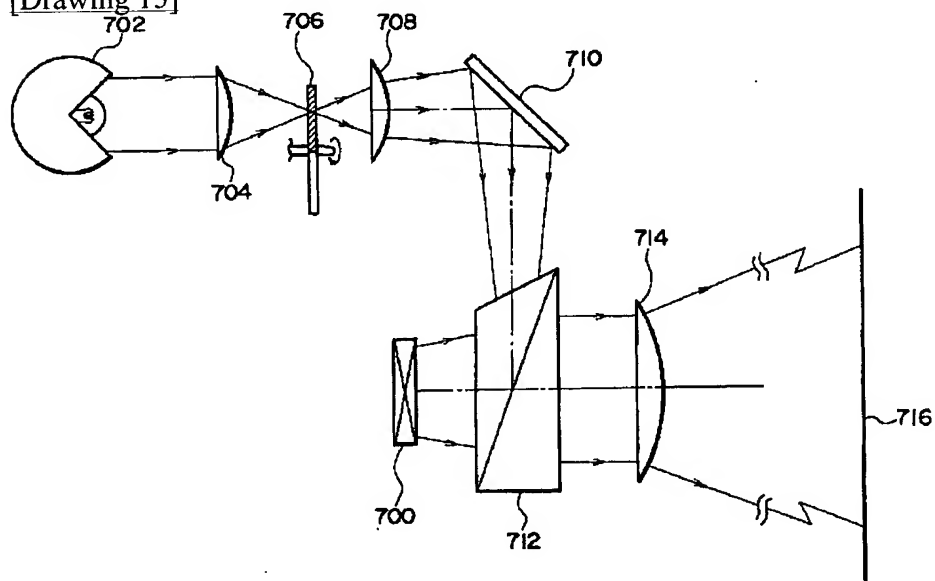
[Drawing 13]
(A)

(B)

(C)

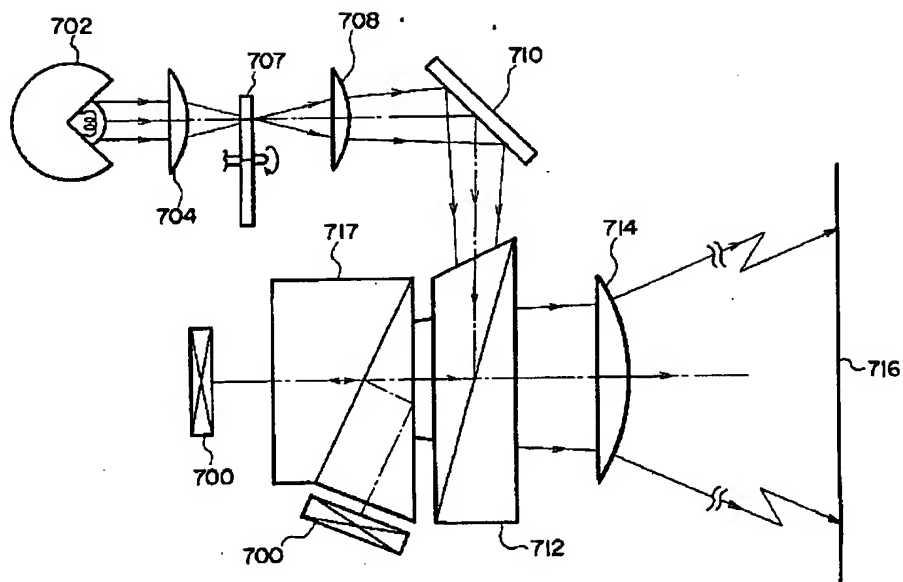


[Drawing 15]

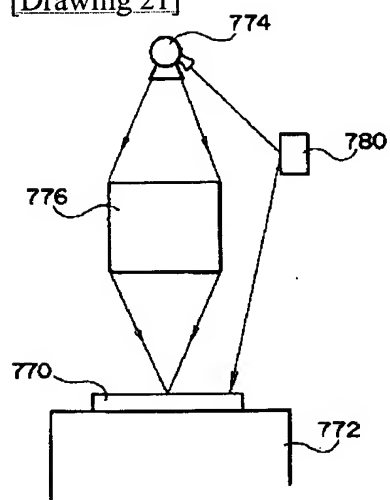


[Drawing 16]

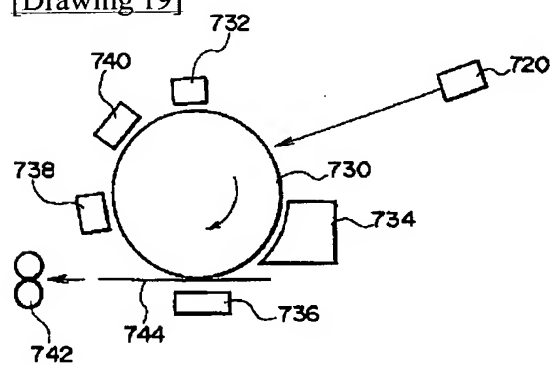
• •
• •



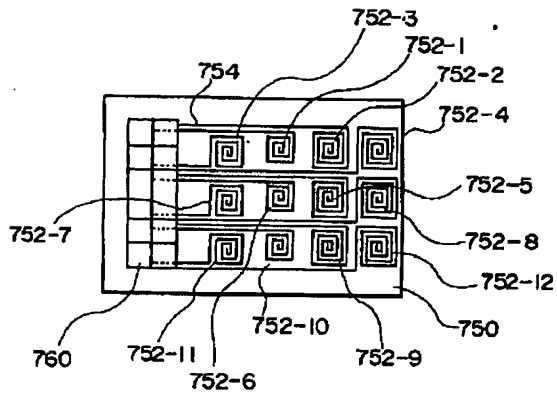
[Drawing 21]



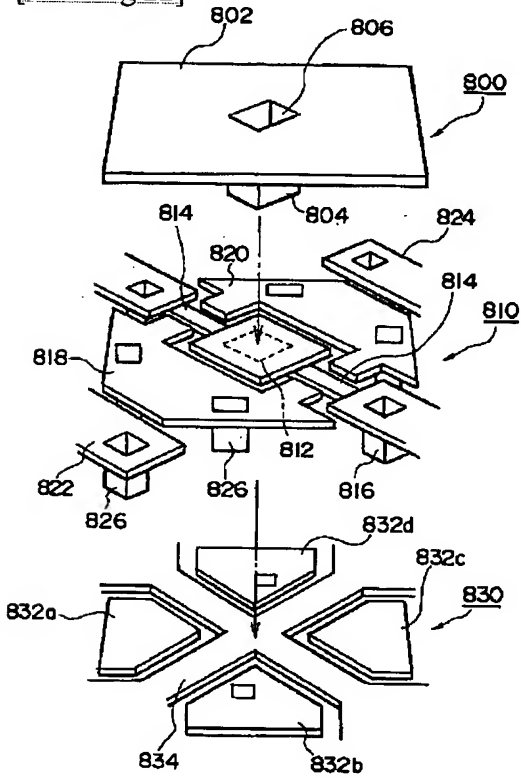
[Drawing 19]



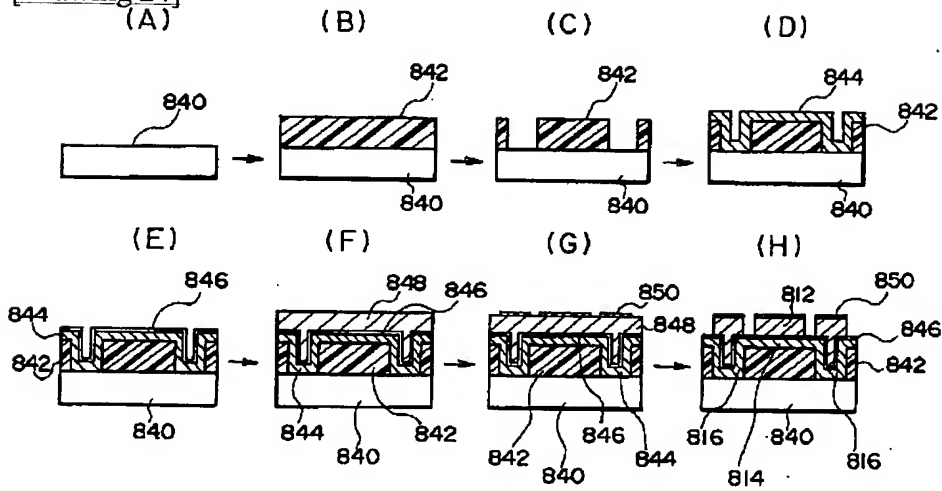
[Drawing 20]



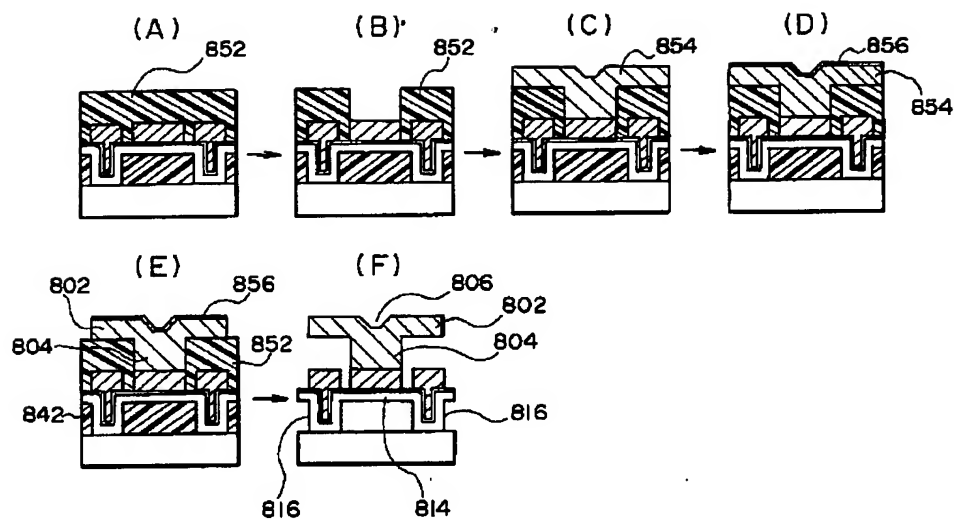
[Drawing 22]



[Drawing 24]



[Drawing 25]



[Translation done.]

